BOOKS

CAB INTERNATIONAL
MYCOLOGICAL INSTITUTE
LIBRARY

IMI / Books / TRO

IMPERIAL BUREAU
3 JAN. 1923
OF MYCOLOGY

Handbuch der Holzkonservierung

Unter Mitwirkung von

Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspektor a. D. **E. Biedermann**-Berlin-Charlottenburg; ehem. Direktor der Königl. Eisenbahn-Versuchsanstalt Dr. **J. Dehnst**-Berlin-Schmargendorf; Oberförster Dr. **A. Dengler**-Reinhausen bei Göttingen; Prof. Dr. **K. Eckstein**-Eberswalde; Prof. Dr. **R. Falck**-Hann. Münden; Regierungs-Baumeister a. D. **O. v. Haselberg**-Berlin; k. u. k. Hauptmann der Pioniertruppe **B. Malenković**-Wien; Dr.-Ing. **Fr. Moll**-Berlin-Südende; Dr. **Fr. Peters**-Berlin; † Dr. **Fr. Pfenning**-Berlin; Ingenieur **R. Sodemann**-Hamburg-Wandsbek; Direktor **K. H. Wolman**-Berlin

herausgegeben von

Marine-Oberbaurat † **Ernst Troschel**-Berlin

Mit 220 Textabbildungen

Berlin
Verlag von Julius Springer
1916

Alle Rechte, insbesondere das der
Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten.

Copyright 1916 by Julius Springer in Berlin.

Vorwort.

„Vor 30 Jahren erschien „Die Konservierung des Holzes" von Heinzerling, ein Buch, das alle damals bekannten Gebiete der Holzkonservierung umfaßte. Eine Neuauflage ist seit dieser Zeit nicht erschienen, obwohl inzwischen der Holzkonservierung neue Gebiete erschlossen sind und die Imprägniertechnik dank der wissenschaftlichen Erforschung der Holzzerstörer und ihrer unheilvollen Tätigkeit große Fortschritte gemacht hat. Ich habe es daher unternommen, ein dem jetzigen Standpunkt der Wissenschaft entsprechendes „Handbuch der Holzkonservierung" herauszugeben und habe mich dabei nicht nur auf die Verhältnisse in Deutschland beschränkt, sondern versucht, schon unserer Kolonien wegen, auch die übrigen Länder unseres Planeten in den Kreis der Betrachtungen mit einzubeziehen. Unterstützt wurde ich bei meinem Unternehmen durch Beiträge namhafter Fachgelehrter und Fachmänner der Holzkonservierung, von denen ein jeder aus seinem Sondergebiet geschöpft und seinem Beitrage eine besondere, persönliche Note gegeben hat. Die bei dieser Behandlung des Stoffes durch verschiedene Mitarbeiter unvermeidlichen kleinen Wiederholungen habe ich gern in Kauf genommen gegen den Vorteil einer sachkundigen Bearbeitung der einzelnen Gebiete." . . . .

Hier bricht der Verfasser des vorliegenden Buches, Herr Marineoberbaurat Troschel ab, der auf Grund seiner Kolonialtätigkeit, die ihm die Beobachtung der dortigen Holzschädlinge ermöglichte, für diese Aufgabe besonders berufen erschien. Er folgte dem Kriegsruf des Kaisers und besiegelte wie einer seiner Mitarbeiter — Herr Dr. Fritz Pfenning — vorzeitig sein erfolgreiches Wirken mit dem Tode fürs Vaterland.

* * *

Eine neuzeitliche Zusammenfassung der Forschungsergebnisse über das Holz und seine Konservierungsmöglichkeiten wird als Befriedigung eines wirklichen Bedürfnisses empfunden werden.

Der Leser des Buches wird im I. Hauptteil, unterstützt durch eine Fülle guter Abbildungen, in das geheimnisvolle Wirken der Natur bei Entstehung, Wachstum und Aufbau des Holzes eingeführt. Ihm wird, im engen Zusammenhange damit, die Kenntnis seiner pflanzlichen und tierischen Lebensfeinde und der Lebensbedingungen ihres Auftretens vermittelt. Ein folgender Hauptteil macht auf der Grundlage des I. Teils mit den praktischen Ergebnissen wissenschaftlicher Forschung

bekannt, die in technologischer Verwendung stehenden Nutzhölzer den Zerstörungsprozessen ihrer Schädlinge zu entziehen. Er vermittelt die Kenntnis aller bisher bekannt gewordenen Schutzmittel als solcher, während ein dritter praktischer Hauptteil die durch Teil I und II mitgeteilten Ergebnisse reiner und angewandter Forschung auf die Verwendungsgebiete des Nutzholzes im weitgliedrigen Getriebe der modernen Volks- und Verkehrswirtschaft überträgt, auf seine Anwendung im Hochbau, Wasser-, Straßen-, Eisenbahn-, Brückenbau, in der Gartenwirtschaft usw.

Der dritte Teil macht Volkswirte und Betriebsleiter mit den Kosten ihrer Anwendung und der Höhe des aus der Anwendung erprobter Konservierungsverfahren entspringenden wirtschaftlichen Nutzens bekannt.

Man sieht, daß es dem Herausgeber bei der Gesamtbearbeitung des Buches, dessen Erscheinen er nicht mehr erleben sollte, gelungen ist, die notwendige Verbindung zwischen naturwissenschaftlicher Forschung und angewandter Technik, den beiden großen Kulturfaktoren der Gegenwart, in glücklicher Weise herbeizuführen. Ein großer Vorzug des Werkes liegt in der Vollständigkeit, mit der es alle Gebiete des Stoffes umfaßt und alle Versuche, auf ihnen Fortschritte zu erzielen, mitteilt.

Die „Überlieferung" hat bisher bei den an der Holzkonservierung beteiligten Verwaltungen und Privaten betreffs der zu wählenden Wege eine große Rolle gespielt, weil es an der Möglichkeit gebrach, sich wissenschaftlich und praktisch schnell über die einschlägigen Fragen zu unterrichten. Dieses „Haften am Hergebrachten" war die Quelle großer Unwirtschaftlichkeit in der Holzverwendung. Sie wird durch das Erscheinen dieses Buches hoffentlich mehr und mehr verstopft. Und in diesem Sinne wird dasselbe, die Einzelteile unserer Volkswirtschaft vor Schäden behütend, einer Vergeudung des gesamten Volksvermögens in Gestalt seiner bodenständigen, organischen Rohstoffschätze vorbeugen.

Klotzsche-Dresden, März 1916.

R. Scheibe,
Finanz- und Baurat a. D.

Inhaltsverzeichnis.

Einführung. Vom Herausgeber Marine-Oberbaurat Ernst Troschel-Berlin 1

Erster Teil.

Das rohe Holz.

Seite

A. Der Aufbau des Holzes. Von Oberförster Dr. Alfred Dengler-Reinhausen b. Göttingen 7
I. Makroskopischer Aufbau 7
II. Mikroskopischer Bau 15
1. Die einzelnen Elemente des Holzes 15
2. Die Anordnung der Elemente im Holzkörper 21
III. Die stoffliche Zusammensetzung des Holzes 27
IV. Die physiologischen Funktionen des Holzkörpers 28
V. Entstehung und Wachstum des Holzkörpers 32

B. Zerstörung des Holzes 38
1. Zerstörung des Holzes durch atmosphärisch-klimatische, mechanische und chemische Einflüsse. Von k. u. k. Hauptmann der Pioniertruppe d. R. Basilius Malenković-Neulengbach b. Wien 38
1. Schädigungen des Holzes durch atmosphärisch-klimatische und mechanische Verhältnisse 38
a) Schädigungen des Holzes durch Schwankungen im Wassergehalte desselben 38
b) Einfluß des Gefrierens und Wiederauftauens 40
c) Wirkungen von Temperaturschwankungen und höheren Temperaturen 41
d) Schädigungen durch Wind 41
e) Wirkung von mechanischen direkten Erschütterungen und Einwirkungen 41
f) Blitzschläge und Feuer 42
g) Einfluß des Klimas auf die Lebensdauer des Holzes 42
2. Zerstörung des Holzes durch chemische Stoffe 43
a) Wirkungen des Sauerstoffs (Ozons) der Luft auf das Holz . 43
b) Wirkungen des Wassers auf das Holz 44
c) Schädigungen des Holzes durch Säuren 44
d) Schädigungen des Holzes durch alkalische Stoffe 45
e) Schädigungen des Holzes durch Neutralsalze 45

II. Zerstörung des Holzes durch Holzschädlinge 46
1. Pilze. Von Professor Dr. Richard Falck-Hann. Münden . . 46
a) Allgemeine Morphologie der holzzerstörenden Basidiomyzeten 46
α) Das primäre Myzelium 49
β) Die sekundären Myzelsysteme 50
γ) Die tertiären Myzelsysteme 55
δ) Das fruktifikative Myzelium 57
A. Elementare Zusammensetzung 57
B. Das Hymenium 58
C. Die Basidie 59
D. Die Basidiensporen 59
E. Fruchtkörperformen 60

Seite

b) Allgemeine Physiologie der holzzerstörenden Basidiomyzeten 64
α) Physiologie der Sporenverbreitung 65
β) Physiologie der Sporenkeimung und Infektion 68
γ) Physiologie des vegetativen Myzelwachstums, Okkupation und Holzzerstörung 72
δ) Biologie der holzzerstörenden Basidiomyzeten 88

Anhang: Übersicht über die praktisch wichtigen Holzzerstörer und ihre Beziehungen zueinander 91
c) Hausschwamm 94
α) Makroskopische Charaktere 94
A. Myzelien 94
B. Stränge 96
C. Holzzerstörungsbilder 98
D. Fruktifikationsbilder 99
β) Mikroskopische und physiologische Charaktere 104
A. Myzelien 104
B. Stränge 105
C. Fruchtkörper 108
d) Trockenfäule 111
α) Der Keller-Hausschwamm 111
A. Die Sporen 112
B. Das Myzelium 113
C. Stränge 116
D. Fruchtkörper 117
E. Zerstörung des Holzes durch Coniophoraarten 117
β) Porenhausschwamm 117
γ) Der Muschelhausschwamm Paxillus sclerotinus 122
e) Lagerfäule 124
Die Lenzitesfäule 124
α) Fruchtkörper der Lenzitesarten 124
A. Fruchtkörperformen 124
B. Die Sporen der Lenzitesarten 127
β) Das Myzelium der Lenzitesarten 127
A. Das Lenzites-Substratmyzel 128
B. Das Oberflächenmyzelium 129
C. Das Luftmyzel 130
D. Das Kutikularmyzel 130
E. Physiologie der Lenzitesmyzelien 131
γ) Holzzerstörungsbilder der Lenzitesfäule 131
Der Grubenschwamm 136
f) Blaufäule 137
α) Die verschiedenen Fruchtformen; die Verbreitung der Sporen und ihre Entwicklung 137
β) Das Myzel und seine Wachstumsbedingungen 144
γ) Beurteilung und Bekämpfung 146

2. Tiere 147
a) Laubholz. Von Professor Dr. Karl Eckstein-Eberswalde . 147
Allgemeines 147
α) Schädlinge des einheimischen Holzes 150
A. Säugetiere 150
B. Vögel 152
C. Insekten 153
D. Krebstiere 194
β) Holzzerstörende Tiere fremder Erdteile 195
γ) Übersicht der in Deutschland das Nutzholz zerstörenden Tiere, nach Holzarten geordnet 202
A. Laubhölzer 202
B. Nadelhölzer 205

Seite

b. Wasserriese. Vom Herausgeber Marine-Oberbaurat Ernst Troschel-Berlin 207

Zweiter Teil.

Die Konservierung des Holzes.

Von Dr. Julius Dekker, vorm. Direktor der kgl. Versuchs-Forstanstalt, Berlin-Schmargendorf, unter Mitwirkung von Dr. Franz Pfeiffer-Berlin-Südende.

A. Vorbehandlung des Holzes 217
I. Verhütung im Walde am stehenden Baum 217
II. Verhütung bei und nach der Fällung 218
III. Abnutzbarmachungen der Hölzer 225
B. Konservierungsverfahren 227
I. Konservierungsverfahren ohne anzuwendende Mittel und ohne Anwendung einschneidender Vorrichtungen 228
1. Das Austrocknen des Holzes 228
2. Das Wässern der Hölzer 229
3. Das Kochen und Dämpfen des Holzes 230
4. Ausreifen des Holzes 231
II. Konservierungsverfahren mit Anwendung eines entsprechenden Mittels ohne Anwendung maschineller Vorrichtungen 232
1. Anstriche 232
2. Einbringen von Lösungen in das Holz und Anfüllen derselben mit Antiseptis 232
3. Benutzung des natürlichen Saftstromes zur Holzkonservierung 234
4. Das Einstellverfahren 235
5. Das Boucherie-Verfahren 241
III. Anfangsgründe der Konservierung bei maschineller Behandlung 244
1. Das Bethell-Verfahren unter hohem Druck in geschlossenen Gefäßen 245
2. Das Bréaudsche Verfahren 247
3. Verbesserungen des Bréaudschen Verfahrens durch Burnett, Berthel und Fleischer 247
IV. Die Tränkungsarten der Imprägnation 248
1. Die Tränkung mit Oberflächenfällung allein 248
a) Das Trocknen des Holzes 248
b) Die Herstellung der Luftverdünnung und das Einlassen der Oberflächenlösung 249
c) Die Anwendung der Druckpumpe 249
d) Verdickungen der Antiseptis der Oberflächenlösung 250
2. Tränkung mit Oberflächenlösung unter Zusatz von Antiseptis-Imprägnat-Pasta 251
3. Tränkung mit schwerer Steinkohlenteerölsorte 252
a) Das Trocknen des Holzes 252
b) Das Einstreuen des Pulvers 252
V. Spartränkung 257
1. Nasstränkung-Verfahren 262
2. Das Hasse-Verfahren 263
3. Die Doppeltränkung 264
4. Das Rüping-Verfahren 267
a) Tränkung der kiefernen und tannenen Hölzer nach dem einfachen Rüping-Verfahren 270
b) Tränkung der tannenen Hölzer nach dem Doppel-Rüping-Verfahren 272
5. Kombinierte Rüping-Verfahren 273
a) Rüping-Rütgerswerke 273
b) Hasselmann-Rüping 273
6. Nachbehandlung mit Dampfbädern 274
VI. Ein modernes Imprägnierwerk 275

Seite

C. Konservierungsmittel 277
I. Wässerige Salzlösungen 277
1. Alkalisalze 278
2. Zinksalze 279
3. Kupfersalze 285
4. Eisen- und Aluminiumsalze 287
5. Quecksilbersalze 289
II. Öle 292
1. Steinkohlenteer und seine Produkte 292
2. Braunkohlenteer und Produkte aus diesem 298
3. Holzteer und seine Produkte 299
4. Erdöl und seine Produkte 299
III. Mischungen von wässerigen Lösungen mit Ölen 301
IV. Lösungen von harzartigen Körpern in geeigneten Lösungsmitteln . 301

Anhang zum zweiten Teil 302

Zusammenstellung von Mitteln und Verfahren zur Holzkonservierung.

A. Zeittafel der seit dem Jahre 1700 bis zum Jahre 1876 zum Konservieren des Holzes angewendeten Mittel 302
B. Zusammenstellung der zur Holzkonservierung angewendeten Mittel und Verfahren nach der Patentliteratur . . 312

Dritter Teil.

Verhalten roher und konservierter Hölzer gegen äußere Einwirkungen.

Vom Herausgeber Marine-Oberbaurat Ernst Troschel-Berlin.

A. Hölzer in Innenräumen und im Freien 313
B. Hölzer unter Wasser 315
C. Einfluß des Wassergehaltes auf die Festigkeit 316
D. Einfluß der Konservierungsmittel auf die Festigkeit des Holzes 320
E. Lebensdauer roher und imprägnierter Hölzer 323

Vierter Teil.

Anwendungs-Gebiete.

A. Eisenbahn-Oberbau. Von Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspektor a. D. Ernst Biedermann-Berlin-Charlottenburg 325
I. Die bau- und betriebstechnische Stellung der Schwelle im Eisenbahnoberbau 326
II. Die Verbreitung der Holzschwelle in den Eisenbahnnetzen der Erde 331
III. Jahresbedarf Deutschlands und des Weltnetzes an hölzernem Schwellenmaterial 340
IV. Der wirtschaftliche Vorteil der Schwellentränkung 344
1. Die Erhöhung der Lebensdauer der Holzschwellen durch die Tränkung 345
2. Bewährung und Kosten der Schwellentränkung nach den Erfahrungen der Eisenbahn-Verwaltungen 350
a) Europäische Verwaltungen 350
b) Die amerikanische Union 355
V. Die Überlegenheit der teerölgetränkten Holzschwelle im Wettbewerb mit der Eisenschwelle 357

B. Stangen und Leitungsmaste. Von Regierungs-Baumeister a. D. Otto v. Haselberg-Berlin 359
I. Das Anwendungsgebiet der Leitungsmaste 359

Seite

II. Anordnung und Herstellungsgrundsätze der hölzernen Leitungsgestänge 361
III. Zerstörungsgefahr und Erhaltungsmittel der Gestänge 363
IV. Neuere Teerölträukungsverfahren 368
V. Wirtschaftsbetrachtungen zur Stangenkonservierung 373
VI. Fußschutz für Masten und Telegraphenstangen. Von Dr. Max Friedrich Moll-Berlin-Südende 375

C. Grubenbau. Von Direktor K. H. Wolman-Berlin 377
I. Vorbemerkungen 377
II. Begriff, Zweck, bauliche Anordnung der Grubenhölzer 379
III. Die Anforderungen an den Baustoff der Grubenhölzer 384
IV. Der Verbrauch an Grubenhölzern 387
1. Gesamtbedarf 387
2. Abmessungen 388
V. Die Konservierung der Grubenhölzer 388
1. Anforderungen an eine sachgemäße Tränkung der Grubenhölzer 389
2. Ungenügende Tränkungsarten und Tränkungsmittel 390
3. Bewährte Tränkungsverfahren 391

D. Wasserbau. Vom Herausgeber Marine-Oberbaurat Ernst Troschel-Berlin 396
I. Konservierung der Hölzer oberhalb des Wasserspiegels 396
II. Konservierung der ständig unter Wasser bleibenden Hölzer . . . 398
III. Kostenberechnungen 407
1. Rundhölzer 408
a) Kosten ungetränkter kieferner Rammpfähle 408
b) Kosten teerölgetränkter kieferner Rammpfähle 408
2. Schnitthölzer 408
a) Kosten ungetränkter Bohlen 409
b) Kosten teerölgetränkter Bohlen 409

E. Schiffbau. Von Ingenieur Rudolf Sodemann-Hamburg-Wandsbek. 410
I. Vorbemerkung 410
II. Der Holzschiffbau 411
III. Die bisher üblichen Konservierungsmethoden 415
IV. Imprägnierung 417
V. Wirtschaftlichkeit der Imprägnierung 418

F. Hochbau. Von Dr. Fritz Peters-Berlin 422
I. Vorbemerkungen 422
II. Die Maßnahmen zum Schutz der Bauhölzer gegen Pilze, Insekten und Feuer 425
1. Die Konservierung des Hochbauholzes ohne antiseptische Mittel 425
a) Trocknung 425
b) Anstriche als Luftabschluß 426
c) Auslaugung 427
2. Die Konservierung des Hochbauholzes mit antiseptischen Mitteln 429
a) Anstriche 429
b) Eintauch- und ähnliche Verfahren 429
c) Vakuum-Druck-Verfahren 429
III. Konservierungsmittel zum Schutz gegen Fäulnis und holzzerstörende Insekten 430
1. Spezifische Anstrichmittel 430
2. Die eigentlichen Imprägniermittel 434
IV. Konservierungsmittel zum Schutz gegen leichte Entflammbarkeit 442

G. Straßenbau. Von Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspektor a. D. Ernst Biedermann-Berlin-Charlottenburg 449
I. Vorbemerkung 449

Seite

II. Gesichtspunkte bei der Auswahl der Pflasterarten für den Großstadtverkehr 450
III. Die Verbreitung des Holzpflasters in den Weltstädten 451
IV. Technik der Pflasterung, Auswahl und Behandlung der Pflasterhölzer 457
1. Straßenquerschnitte mit Holzpflasterung 457
2. Wahl der Holzart 459
V. Die Tränkungsnotwendigkeit der Weichholzklötze und die besten Tränkungsverfahren 461
VI. Herstellungs- und Unterhaltungskosten des Holzpflasters 465
VII. Wirtschaftlichkeit und Gesichtspunkte für die Wahl des Hartholzpflasters 467

H. Der Brückenbau. Von Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspektor a. D. Ernst Biedermann-Berlin-Charlottenburg 469
I. Vorbemerkungen 469
II. Das Holz als Baustoff, in Abhängigkeit von Zweck, Bauart und Weite der Brücken 470
1. Tragwerke und Pfeilerjoche 473
2. Fahrbahnträger und Fahrbahnen 479
a) Eisenbahnbrücken 479
b) Straßenbrücken 481
III. Holzarten und deren Behandlung 482
IV. Die vergleichende Wirtschaftlichkeit hölzerner Brücken 484
V. Die wirtschaftliche Berechtigung der Holztränkung im Brückenbau 487

I. Verschiedene kleine Anwendungsgebiete. Von Dr.-Ing. Friedrich Moll-Berlin-Südende 488
I. Kühltürme 488
II. Holz in der Gärtnerei 488
III. Holzfärberei 490
IV. Holz zu Akkumulatoren 494
V. Behandlung von Möbeln und Kunstwerken 495
VI. Behandlung des Holzes auf den Holzlagerplätzen. Von Prof. Dr. Richard Falck-Hann. Münden 496

Patentlisten.

Zusammengestellt von Dr.-Ing. Friedrich Moll-Berlin-Südende.

1. Künstlicher Schutz des Holzes gegen Tiere 498
2. Rindenringeln usw. 499
3. Aufschließen und Vorbereiten des Holzes zur Imprägnierung. Dämpfen 499
4. Holztrocknerei 500
5. Vulkanisieren (ohne Einpressen von fremden Stoffen) 502
6. Komprimieren des Holzes 503
7. Ankohlen des Holzes 504
8. Anstriche 504
9. Besondere Arten von Überzügen 510
10. Fußschutz für Maste 511
11. Teere und Teeröle 512
12. Mischungen von Teer mit Salzen 513
13. Teeremulsionen 514
14. Einpressen einer Salzlösung und danach eines Öles 514
15. Einlagerung von Schwefel in Holz 515
16. Lösungen mit kolloiden Stoffen usw. 516
17. Opentank und Doubletankverfahren 516
18. Zylinderkonstruktionen 518
19. Teerölverfahren durch Kombination von Druck und Vakuum 519
20. Einpressen von Löchern usw., um die Eindringung von Imprägnierlösungen zu verbessern 521

Seite
21. Verfahren, ein Holz nur teilweise zu imprägnieren 521
22. Transportable Anlagen auf Wagen 522
23. Einzelheiten der Einrichtung von Anstalten 522
24. Umrühren der Imprägnierungsflüssigkeit 522
25. Imprägnierung des Holzes mit Gasen und Rauch 523
26. Einführen des Öles usw. in zerstäubtem Zustande 524
27. Salze zum Imprägnieren (außer Salzgemischen und den Salzen des Fluors) 525
28. Boucherieverfahren 527
29. Bildung fester Niederschläge durch Umsetzung zweier Lösungen . . . 530
30. Salzgemische 533
31. Ammoniakalische Salzlösungen 533
32. Fluorsalze 534
33. Metallorganische Verbindungen 534
34. Zylinder mit Bekleidungen der Wände 536
35. Einbohren von Löchern in das Holz zum Anfüllen von holzschützenden Stoffen 536
36. Benutzung des elektrischen Stromes zur Imprägnierung 536
37. Besondere Verfahren beim Färben, (soweit in den Listen unter Konservierung angegeben und) soweit besondere Verfahren in technischer Beziehung dabei angewendet werden 537
38. Imprägnieren von Holz für Akkumulatoren 538
39. Imprägnierung für besondere Zwecke (Wasserundurchlässigkeit usw.) . 539
Patente, über die nichts ermittelt wurde 539

Einführung.

Von

Marine-Oberbaurat † **Ernst Troschel**-Berlin.

Wie uns Ovid in seinen Metamorphosen erzählt, hatte Phaëton einmal von seinem Vater Helios die Erlaubnis erhalten, den Sonnenwagen zu lenken, mußte aber dies Wagnis mit dem Leben bezahlen. Seine Schwestern, die Heliaden, waren untröstlich über den Tod des geliebten Bruders und weinten und klagten unaufhörlich. Selbst als sie in Bäume verwandelt waren, ließen sie nicht ab vom Weinen. Die Tränen der Sonnentöchter quollen aus der Rinde in goldigen Tropfen und fielen als Bernstein in den Fluß Eridanus, der sie dem Meere zuführte.

Der Vergleich der herausquellenden Harztropfen mit Tränen ist nicht nur äußerlich treffend, sondern hat noch eine andere tiefere Bedeutung. Der aus den Bäumen fließende Bernstein hatte gleich den Tränen eine lindernde, heilende Wirkung.

Wie ein Kind die Tränen fließen läßt, wenn es sich verletzt hat, so sonderten die Bernsteinbäume ähnlich unseren heutigen Nadelbäumen harzige Tropfen aus, wenn die Rinde verletzt wurde. Diese harzigen Tropfen überzogen die ganze Wundfläche und schützten sie wie ein aseptischer Wundverband vor Fäulniskeimen und anderen schädlichen Parasiten[1]).

Mutter Natur hatte hiermit den Bäumen ein Heilmittel an die Hand gegeben, mit dem die gefährdeten Holzteile in so vollkommener Weise gegen Fäulnis und Zerfall geschützt wurden, daß noch heute, nach Millionen von Jahren, von den der Tertiärzeit entstammenden Bernsteinbäumen die von dem Bernsteinharz umhüllten und somit imprägnierten Teile erhalten sind. Das westpreußische Museum in Danzig besitzt ein etwa faustgroßes, mit Bernstein imprägniertes Stück Holz, das Zeugnis ablegt von der Wirkung dieses von der Natur gegebenen Mittels zur Holzkonservierung.

Außer den Nadelhölzern wenden auch verschiedene unserer Laubbäume zum Schutze gegen Fäulnis ein ähnliches Naturheilverfahren an. Die Buche durchtränkt die von Pilzen bedrohten Holzteile mit einer

[1]) H. Conwentz, Monographie der Baltischen Bernsteinbäume. Danzig 1890.

gummiähnlichen Substanz und erzeugt dadurch den sogenannten Rotkern. Die Eiche schützt sich durch die Gerbsäure. Auch die an der Oberfläche beschädigter Laubhölzer erscheinende Essigsäure wird als natürlicher Schutz gegen Verschwammung aufgefaßt[1]).

Wenn die Harzabsonderung der Nadelhölzer in der Tertiärzeit im Vergleich zu heute auch sehr bedeutend gewesen ist (es sind Bernsteinstücke bis zu 7 kg Gewicht gefunden worden), so konnten die Bäume, wie auch jetzt, doch immer nur kleinere Wundflächen mit Erfolg gegen Fäulnis schützen. Ein durch Windbruch zu Boden geworfener oder durch Blitz gespaltener Baum war dem Verderben preisgegeben. Ebenso sind die von Menschenhand gefällten oder zerschnittenen Bäume an ihren großen Wundflächen ungeschützt und oft schon nach kurzer Zeit mit Schimmel- und Fäulnispilzen bedeckt, die den Zerfall des Holzes bewirken. Wenn uns an der Konservierung dieser Hölzer gelegen ist, so müssen wir der Anleitung der Natur folgen und die Schädlinge von den gefährdeten Holzteilen fernhalten.

Ehe wir uns mit der weiteren Behandlung des Holzes beschäftigen, wollen wir uns die Fragen stellen: Ist es nicht vorteilhafter, ein dauerhafteres Material zu wählen als das Holz? Ist nach dem Siegeslauf des Eisens und des Eisenbetons das Holz nicht schon als Baustoff außer Wettbewerb gesetzt? Ist überhaupt noch ein Bedarf an Bau- und Nutzhölzern vorhanden? Nun, der Bedarf ist nicht unerheblich. Werden doch allein in Deutschland jährlich etwa 34 Millionen Kubikmeter verbraucht, die zu etwa $^3/_5$ aus deutschen Wäldern gewonnen werden. Für einige Gebiete, wie für den Bau von Kriegsschiffen und Brücken großer Spannweiten ist das Eisen wegen seiner großen Druck- und Zugfestigkeit dem Holz unbedingt vorzuziehen. Für andere Gebiete, in denen die verschiedensten Baustoffe verwendet werden können, ist deren Wahl eine rein wirtschaftliche Frage. Die seit einigen Jahrzehnten von staatlichen Verwaltungen geführten Statistiken haben außerordentlich klärend auf die Beurteilung der Baustoffe gewirkt. Sie haben z. B. gezeigt, daß das Holz sehr wohl geeignet ist, mit anderen Baustoffen erfolgreich in Wettbewerb zu treten, namentlich, wenn es konserviert und seine Lebensdauer dadurch um ein vielfaches erhöht wird. Aus diesen amtlichen Statistiken wird man, wenn nicht schon jetzt, so doch später, unmittelbar ablesen können, welche Baustoffe für einen gegebenen Zweck und Bezirk am wirtschaftlichsten sind. Soviel kann man schon heute entnehmen, daß konserviertes Holz für Rammpfähle, Bahnschwellen und Telegraphenstangen seinen Platz behaupten wird und wegen seiner spezifischen Eigenschaften, wie geringes Gewicht, geringes Wärmeleitungsvermögen, nachgiebiges Gefüge, große Biegungsfestigkeit, für verschiedene Verwendungszwecke, wie z. B. für Grubenhölzer im Bergbau, für Dalben im Wasserbau, für Pflaster steiler Brückenrampen in Großstädten, durch kein besseres Material zu ersetzen ist.

Die Konservierungsmittel und Verfahren sind außerordentlich zahlreich und je nachdem die Hölzer über oder unter Wasser, im Freien

[1]) Falck, Meruliusfäule. Gustav Fischer. Jena 1913. S. 386.

oder in Innenräumen verwendet werden sollen, wechseln Mittel und Verfahren. In Wohnräumen verlangt man geruchlose, den menschlichen Organismus nicht schädigende oder störende Konservierungsstoffe; im Freien wird dagegen die Beständigkeit des Mittels gegen Witterungseinflüsse ausschlaggebend sein; in Bergwerken ist die Feuersicherheit des konservierten Holzes von großer Wichtigkeit; für Pfähle im Seebau sind nur solche Mittel zu empfehlen, die im Wasser schwer oder gar nicht löslich sind. Auch hier ist der beste Maßstab für die Güte der Konservierung die durch die Statistik ermittelte Lebensdauer der konservierten Hölzer.

Ein Universal-Konservierungsmittel für alle Baugebiete ist noch nicht gefunden worden. Neben den neuesten Erzeugnissen der modernen Chemie haben selbst die ältesten Mittel sich bis auf den heutigen Tag behauptet.

Ein uraltes, von den Menschen schon in vorgeschichtlicher Zeit angewendetes Holzkonservierungsmittel ist das Verkohlen der Oberfläche. Die konservierende Wirkung der Kohleschicht war so augenfällig, daß sie nicht gut übersehen werden konnte. An jedem ausgebrannten Lagerfeuer konnte beobachtet werden, daß die an der Oberfläche verkohlten Holzstücke dem Verderben länger widerstanden als die vom Feuer verschont gebliebenen. Einen überzeugenden Beweis für die Dauer der konservierenden Wirkung der Verkohlung liefern die Funde aus den Pfahlbauten. Wenn Feuer, durch Blitz oder Menschenhand verursacht, einen Pfahlbau ergriffen hatte, wurde ein Teil der Hütte und Habe sofort durch die Flammen, ein anderer, vom Feuer verschonter, in einigen Jahren durch Fäulnis oder Verwesung zerstört, während der übrige Teil, der nicht ganz verbrannte, und daher mit einer Kohleschicht überzogen war, allein dem Verderben widerstand. Auf diese Weise konservierte Früchte, Stücke von Fischernetzen und Kleidern haben sich Jahrtausende hindurch bis auf unsere Zeit erhalten. An den Überbleibseln aus den Pfahlbauten, z. B. den angekohlten Spitzen ausgezogener Pfähle, können wir Epigonen aber nicht nur die konservierende Kraft der Kohle erkennen, sondern auch ersehen, daß schon die Pfahlbürger das Ankohlen des Holzes anwandten.

Auch von den Naturvölkern unserer Zeit ist bekannt, daß sie die Oberfläche des Holzes verkohlen lassen, um es zu konservieren. So überziehen die Eingeborenen der Salomons-Inseln die Außenseite ihrer Boote mit einer Kohleschicht, um sie gegen das Eindringen der Bohrwürmer zu schützen, genau so, wie es die Portugiesen noch im 17. Jahrhundert mit ihren Schiffen getan hatten. In allen Kulturländern ist das Verkohlen der Pfahlenden als Schutz gegen Fäulnis seit alters her üblich. Von Cäsar ist bekannt, daß er zu seinen Befestigungsarbeiten Pfähle mit verkohlten Spitzen verwendet (De bello Gallico VII 73). Auch jetzt noch werden auf dem Lande und in kleinen Städten Zaunstiele, Pfähle und Leitungsmaste[1]) auf diese Weise konserviert.

[1]) Die Leitungsmaste der Lokalbahn Innsbruck-Hall sind noch im Jahre 1912 durch Verkohlung konserviert worden.

Ein ähnliches, ebenfalls durch die Verbrennungsprodukte wirkendes Konservierungsmittel gegen Fäulnis ist der Rauch des offenen Feuers. Auch dieses Mittel war schon den Alten[1]) bekannt. Seine Wirkung zeigt sich auch bei uns in alten Bauernhäusern mit offenem Herdfeuer, in denen das verräucherte Gebälk gegen Fäulnis sicher geschützt ist. Die Eingeborenen der Südsee wenden dies Mittel ebenfalls an und hängen ihre hölzernen Waffen und Geräte in den Rauch, um sie zu konservieren.

Das dritte der schon im Altertum bekannten Konservierungsmittel ist das aus Nadelhölzern gewonnene Pech oder harzige Öl. Die als Schutzmittel gegen Fäulnis wirkende Harzausscheidung lebender Bäume hat wohl die Anregung zur Wahl dieses Mittels gegeben. Die römischen Schiffe waren, wie uns Plinius[2]) erzählt, dick mit Pech gestrichen, um den Bohrwurm abzuhalten, der, wie auch heute noch, den Holzschiffen gefährlich wurde. Auch bei uns werden die Außenplanken hölzerner Schiffe noch oft mit einem ähnlichen Produkt, dem Kohlenteer, zum Schutz gegen Fäulnis und Bohrwurmfraß gestrichen.

Neben diesen alten ehrwürdigen Konservierungsmitteln stehen die uns von den Chemikern und Mykologen bescherten modernen Mittel: Die Teeröle, die sich an die harzigen Öle der Alten anschließen, und die antiseptischen Metallsalze. Die Neuzeit brachte uns aber nicht nur neue Mittel, sondern auch neue Verfahren. Während die Mittel der Alten die Oberfläche behandelten und deren Verletzung den Holzzerstörern ungeschützte Flächen darbot, bemüht man sich seit etwa 200 Jahren, die antiseptische Lösung tiefer in das Innere des Holzes eindringen zu lassen.

Das Tauchverfahren, bei dem das Holz nur wenige Minuten lang von der Flüssigkeit benetzt wird, zeigt den Anstrichen gegenüber nur unwesentliche Vorteile. Bessere Ergebnisse erzielte man bereits durch das Einlagerungsverfahren, bei dem die Hölzer für längere Zeit in einem mit der antiseptischen Flüssigkeit gefüllten offenen Behälter liegen müssen. Durch den Engländer Kyan (1823) fand dies Verfahren weitere Verbreitung. Wenn durch das sog. „Kyanisieren" die Flüssigkeit auch 7—10 mm tief in das Innere eindrang, so stellten die nachträglich auftretenden Luftrisse doch wieder Eingangspforten für die holzzerstörenden Pilzkeime dar. Ein weiterer Fortschritt war das Saftverdrängungsverfahren, das von dem französischen Arzt Boucherie 1837 eingeführt wurde, und darin bestand, daß ein frisch abgeschnittener ungeschälter Stamm mit dem unteren Ende in ein mit antiseptischer Lösung gefülltes Becken gestellt wurde und die Lösung, den Saftwegen folgend, allmählich den Stamm durchtränkte. Bei dem weiteren Ausbau dieses Verfahrens wurde das Becken gegen Luftzutritt abgeschlossen und die Flüssigkeit unter Druck in den Stamm hineingepreßt. Eine noch bessere Wirkung erzielte ein Jahr später Bethel in England durch das Volltränkungs-Verfahren, bei dem die Hölzer in einen geschlossenen Kessel gebracht, hierauf einem Vakuum und nach Einlaufen der antiseptischen Lösung

[1]) Virgil Georgica I, 175.
[2]) Plinius XVI.

einem Flüssigkeitsdruck von 7—8 Atm. ausgesetzt wurden. Bei diesem Verfahren wird das Splintholz von der bis auf etwa 90° erhitzten Imprägnierflüssigkeit vollständig durchtränkt, so daß die im Holz vorhandenen Fäulniskeime getötet werden und auch die an die Wandungen nachträglich entstandener Luftrisse gelangten Keime absterben, da sie auch dort das Antiseptikum vorfinden. Verbessert und verbilligt wurde die überwiegend mit Teeröl arbeitende Volltränkung 1902 durch das Rüpingsche Sparverfahren, auch Hohltränkung genannt. Hierbei wird die Tränkflüssigkeit erst in das Holz hineingedrückt und dann durch Luftdruck zum größten Teil aus den Hohlräumen der Zellen wieder herausgetrieben, so daß nur die Zellwände getränkt bleiben. Dieses Verfahren bietet einen guten Schutz gegen Fäulnis und erfordert nur etwa $^1/_5$ der zur Vollimprägnierung erforderlichen Tränkungsflüssigkeit. Wenn die Überlegenheit der Volltränkung gegenüber der Oberflächen-Behandlung auch anerkannt worden war, so hatten doch die größeren Kosten ihre allgemeine Anwendung verhindert. Erst das Rüpingverfahren ermöglichte eine billige Durchtränkung und gewann infolgedessen in kurzer Zeit eine ungeheure Ausdehnung. Etwa 4 Millionen Kubikmeter Holz werden jetzt jährlich in Europa und Amerika nach dem Rüpingschen Sparverfahren getränkt. Es eignet sich besonders bei Verwendung von Teeröl und wird hauptsächlich für Bahnschwellen, Leitungsmaste und Wasserbauhölzer benutzt.

Für die Imprägnierung mit den im Wasser löslichen Metallsalzen hat man das einfachere Verfahren der Volltränkung beibehalten, da eine Verbilligung durch Verdünnung der Lösung hierbei leicht zu erreichen ist. Für Grubenhölzer zieht man aus Gründen der Feuersicherheit die Tränkung mit Metallsalzen der Teerölträukung vor. Etwa 100000 cbm Grubenholz werden in deutschen Bergwerken jährlich mit Metallsalzen getränkt. Wo es sich um das Konservieren großer Holzmengen, wie Eisenbahnschwellen, Grubenhölzer, Leitungsmaste und Wasserbauhölzer handelt, ist von allen Konservierungsarten zweifellos die Tränkung am wirtschaftlichsten. Andererseits haben für die Konservierungen kleiner Holzmengen, wie z. B. für die im Hochbau erforderlichen, die anderen Verfahren (Einlagerungsverfahren und Anstriche) auch heute noch ihre Anwendungsgebiete und ihre Berechtigung, denn nicht überall sind Imprägnieranstalten vorhanden, und wo diese zur Verfügung stehen, müßten sie ständig in Betrieb sein, um die Hölzer so billig imprägnieren zu können, daß ihre Verwendung wirtschaftlich wäre.

Während früher die Konservierungsmittel durch Erprobung gefunden wurden, ohne daß man über die Wirkung der Stoffe im klaren war, sind seit etwa 60 Jahren Naturforscher und Techniker damit beschäftigt, zum Teil unter Anleitung und auf Kosten des Staates, die Lebensbedingungen der Holzschädlinge zu studieren und die Wirkung von Schutzmitteln planmäßig zu untersuchen. Die Forschungen sind zwar noch nicht abgeschlossen, doch sind sie jetzt so weit gediehen, daß die Biologie der Holzschädlinge von einiger Bedeutung bekannt und Konservierungsmittel für die gefährdeten Hölzer erprobt sind.

Wenn die wirksamsten Mittel sich gleichzeitig auch als billig erweisen, und wenn die durch die Statistiken erlangten Erfahrungen Allgemeingut geworden sind, dann wird, soweit es verwendbar ist, nur konserviertes Holz gekauft und eingebaut werden. Die jetzt allgemein übliche Konservierung der Bahnschwellen auf unseren Staatsbahnen ist der erste Schritt auf diesem Wege. Noch vor wenigen Jahrzehnten wurden vorwiegend rohe Schwellen verwendet, die nach einigen Jahren wegen Fäulnis ausgewechselt werden mußten, während heute ausschließlich konservierte Schwellen, die eine ungleich größere Lebensdauer haben, verlegt werden. Der Nutzen, der dem Volksvermögen allein hierdurch jährlich erwächst, beläuft sich auf Millionen und wird sich bei allgemeiner Anwendung der Holzkonservierung etwa um das Zehnfache steigern lassen.

Erster Teil.

Das rohe Holz.

A. Der Aufbau des Holzes.

Von

Oberförster Dr. **Alfred Dengler**-Reinhausen bei Göttingen.

I. Makroskopischer Aufbau.

Das Holz ist kein in sich gleichartiger Stoff von einfachem Gefüge, sondern ein Gewebe, das sich aus ganz verschiedenartigen Elementen, aus pflanzlichen Zellen, zusammensetzt. Wenn man das Holz verschiedener Arten, ja selbst verschiedene Teile einer und derselben Art betrachtet, so findet man schon mit unbewaffnetem Auge deutliche Abweichungen des einen vom andern. Immerhin lassen sich für den großen Durchschnitt doch gewisse gemeinsame Grundzüge im Aufbau erkennen. Diese sollen hier dargestellt werden.

Um eine richtige Vorstellung vom Aufbau des Holzes zu bekommen, muß man ihn nach den drei Dimensionen hin, das heißt an drei senkrecht zueinander geführten Schnitten betrachten und die so gewonnenen Einzelbilder in der Vorstellung plastisch miteinander vereinigen. Für diese drei Schnitte hat die Botanik bestimmte Fachausdrücke. Der senkrecht zur Stammachse liegende Schnitt führt den Namen Querschnitt (A, B, G in Abb. 1). Denjenigen Längsschnitt, der einerseits durch die Stammachse, andererseits durch einen Radius des Stammscheibenkreises geht, nennt man radialen Längsschnitt (AFEDCB in Abb. 1) oder auch kurzweg Radialschnitt. Der dritte, der auf beiden vorgenannten Schnitten senkrecht steht und in der Richtung einer Tangente verläuft, heißt tangentialer Längsschnitt (GBHC in Abb. 1). Während richtig geführte Quer- und Radialschnitte auf jedem Teil ihrer ganzen Fläche ein gleichwertiges charakteristisches Bild zeigen, tut dies der Tangentialschnitt eigentlich nur in der Tangierungslinie (Mitte zwischen GH und BC in der Abbildung), da die rechts und links davon gelegenen Teile ja die Stammradien nicht mehr senkrecht, sondern schief durch-

schneiden! Daher ist das Bild eines größeren Tangentialschnittes immer ungleichartig: er geht an den Flanken mehr und mehr in den Radialschnitt über!

Der Querschnitt eines Holzstückes, glatt geschnitten und behobelt, bietet im allgemeinen das Bild einer verschieden dicht gefügten Masse von Stäbchen oder Pünktchen. Bei den meisten Hölzern wechseln ringförmige Schichten lockeren Gefüges, das heller gefärbt ist, mit dichterem, dunk-

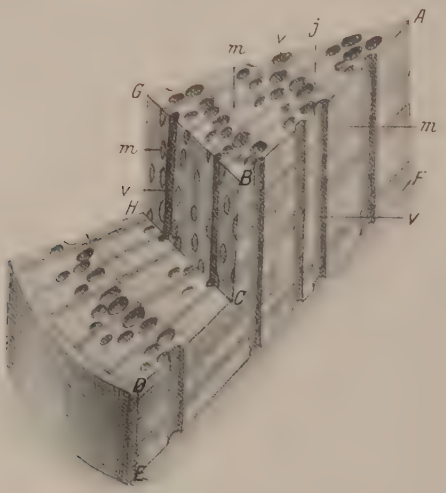


Abb. 1. Holzkeil mit Schema der Holzstruktur.
ABG Querschnitt. ABCDEF Radialer Längsschnitt. BCHG Tangentialer Längsschnitt. v Gefäß. m Markstrahl. j Jahrringgrenze.

lerem ab (s. Abb. 2). Das ist der sogenannte Ringbau oder Jahrringbau des Holzes, da jeder Ring, wenigstens bei unseren einheimischen Holzarten, den Zuwachs eines Jahres darstellt. Den helleren, lockereren Teil nennt man am richtigsten Frühholz (auch vielfach Sommerholz), den dichteren Spätholz (unrichtigerweise auch Herbstholz). Die Grenze zwischen dem Spätholz des einen und dem Frühholz des nächstfolgenden Jahres, die Jahrringgrenze, ist immer wesentlich schärfer wie die zwischen Früh- und Spätholz desselben Jahres, wo meist ein allmählicher Übergang des einen in das andere stattfindet, ein Zeichen dafür, daß die den Aufbau bestimmenden Faktoren hier sich langsam verändern, während an der Jahrringgrenze die Zeit der winterlichen Vegetationsruhe liegt, vor und nach der die Faktoren der Formbildung sehr voneinander abweichen. Die Jahrringzeichnung ist nicht bei allen Holzarten gleichartig und gleich deutlich. Am schärfsten tritt sie im allgemeinen bei den

Nadelhölzern hervor, bei denen das Spätholz immer erheblich dunkler, oft bis rotbraun gefärbt ist, während das Frühholz weißgelblich erscheint (z. B. bei der in der Abb. 2 dargestellten Lärche). Bei den Laubhölzern sind große Färbungsunterschiede nicht so allgemein, und die Jahrringe daher meistens undeutlicher und weniger scharf begrenzt als bei den Nadelhölzern. Die Laubhölzer lassen dagegen schon für das unbewaffnete Auge kein so gleichmäßig dichtes Gefüge wie jene erkennen. Man sieht vielmehr auf dem Querschnitt oft mehr oder minder grobe Löcher oder Poren im dichten Grundgewebe. Es sind das die ringförmigen Querschnitte verhältnismäßig weiter Röhren, der sogenannten Gefäße,

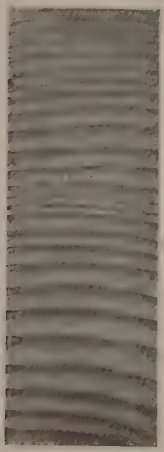


Abb. 2. Querschnitt durch Lärchenholz, deutlich den Jahrringbau zeigend. Die dunkleren Schichten Spätholz, die helleren Frühholz.

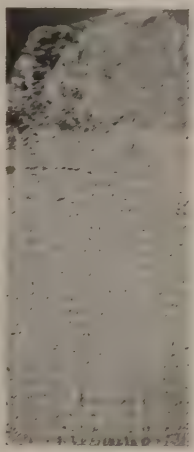


Abb. 3. Querschnitt durch Eichenholz.

Beispiel eines ringporigen Holzes. Die Porenkreise bezeichnen den Beginn des Jahrrings im Frühjahr. Die hellen, radial verlaufenden Strahlen sind die hier besonders breiten Markstrahlen. a Poren des Frühholzes.

die, in der Längsrichtung verlaufend, zwischen die dichter gebauten Fasern eingelagert sind. Bei manchen Arten, wie bei unsern Eichen und Eschen, findet man nun gerade im innersten Abschnitt des Jahrringes, also bei Beginn der Frühholzbildung, besonders große und eng beieinander gelagerte Gefäße, während sie nach dem Spätholz zu rasch an Größe und Zahl abnehmen. Die Frühholzzonen bilden dann förmliche Ringe grobporigen Gewebes (s. Abb. 3 bis 5) und man bezeichnet daher den Aufbau solcher Hölzer geradezu als ringporig. In solchen Fällen sind auch die Jahrringe leicht zu zählen. Im Gegensatz zu den vorigen nennt man zerstreutporig die Hölzer, bei denen die Gefäße mehr oder minder über

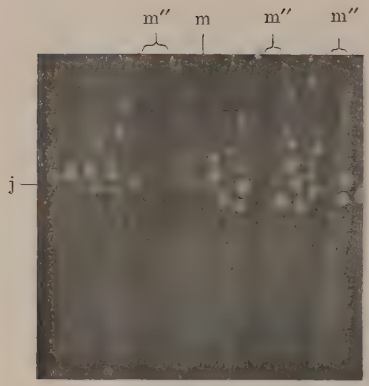


Abb. 4.

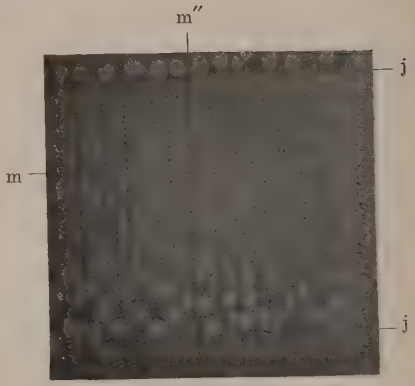


Abb. 5.

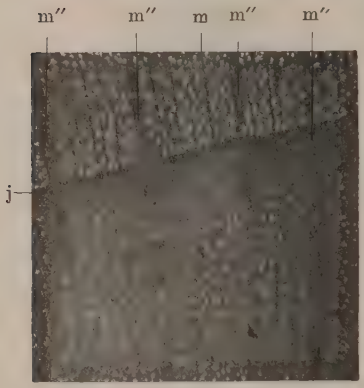


Abb. 6.

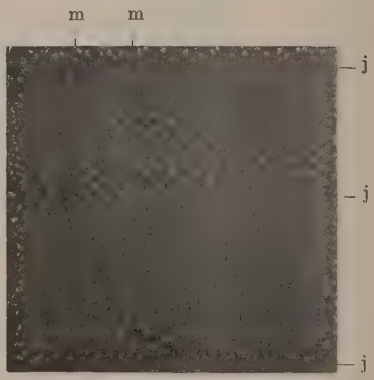


Abb. 7.

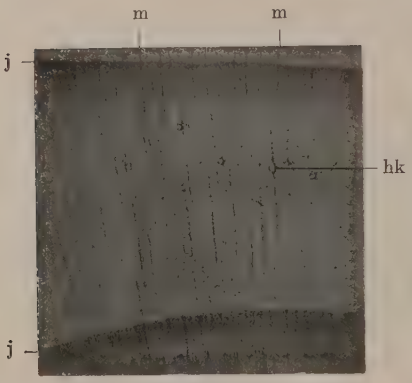


Abb. 8.

Querschnitte verschiedener Holzarten. Vergr. 10fach.

Abb. 4. Eiche. Beispiel eines ringporigen Laubholzes mit breiten Markstrahlen.

Abb. 5. Ulme. Beispiel eines ringporigen Laubholzes mit schmalen Markstrahlen und sog. Wellenzeichnung.

Abb. 6. Rotbuche. Beispiel eines zerstreutporigen Laubholzes m. breiten Markstrahlen.

Abb. 7. Platane. Beispiel eines zerstreutporigen Laubholzes mit schmalen Markstrahlen.

Abb. 8. Fichte. Beispiel eines Nadelholzes.

Alle Schnitte sind so orientiert, daß die Stammachse nach unten zu, die Außenseite nach oben zu liegt.

j: Jahrringgrenze, m einschichtige Markstrahlen, m′ 2—3schichtige Markstrahlen, m″ vielschichtige Markstrahlen.

die ganze Jahrringbreite zerstreut sind. Doch sind bei genauer Betrachtung auch bei diesen Hölzern die Poren im Frühholz fast immer etwas zahlreicher und dichter als im Spätholz. (Abb. 6 u. 7). Die Jahrringbildung ist aber hier doch viel undeutlicher wie bei dem vorigen Typus. Nicht immer erscheinen die Gefäße dem Auge als offene Poren, sondern manchmal wie mit einer dichteren Masse ausgefüllt. Sie sind dann in der Tat verstopft und funktionslos geworden und man spricht von verstopftporigem Holz. Ein Beispiel dafür bietet das Kernholz der falschen

Abb. 9. Querschnitt durch Eßkastanienholz.
Beispiel einer sogen. Flammenzeichnung.

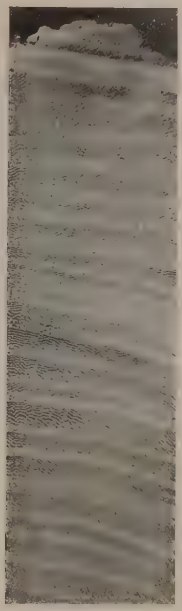


Abb. 10. Querschnitt durch Rüsternholz.
Beispiel einer sogen. Bänderzeichnung.

Akazie oder Robinie. Obwohl alle Laubhölzer außer einer einzigen bisher bekannten ausländischen Art (Drimys Winteri) Gefäße führen, so sind doch bei vielen mit unbewaffnetem Auge keine Poren zu sehen, da ihre Gefäßweiten unter der Grenze der Sichtbarkeit liegen. Man könnte diesen Typ unporig nennen. Ein Beispiel dafür ist das Holz der Rotbuche. Die Jahrringbildung ist bei solchen Arten am undeutlichsten und oft mit bloßem Auge kaum erkennbar. In einzelnen Fällen sind Gefäße oder gefäßähnliche Elemente in Form von Strichen oder Bändern in das dichtere Grundgewebe eingestreut und heben sich von diesem

meist durch feine Porung und hellere Farbe ab. Verlaufen die Striche radial, wie z. B. bei der Eßkastanie (Castanea vesca) so spricht man von Flammenzeichnung (s. Abb. 9), verlaufen sie peripherisch, wie bei den Ulmen oder Rüstern, von Bänder- oder Wellenzeichnung (s. Abb. 10).

Außer der Jahrringbildung und dem Auftreten größerer Gefäße bemerken wir aber auf dem Querschnitt noch eine andere auffällige Erscheinung. Es laufen nämlich mehr minder deutlich feine Strahlen eines von der Grundmasse abweichenden Gewebes von der Mitte nach dem Umfang der Stammscheibe, also in radialer Richtung. Es sind dies die sogenannten Markstrahlen (vgl. Abb. 3). Einzelne ent-

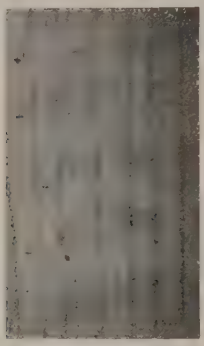


Abb. 11. Radialer Längsschnitt durch Kiefernholz.

Abb. 12. Radialer Längsschnitt durch Rotbuchenholz.

Die Jahrringe sind durch schmale Längsstreifen von Spätholz (Abb. 11 dunkel, Abb. 12 hell) bezeichnet. In dem dichter gebauten Nadelholz bei — nur einige dunkle Längsrisse, die durch Harzkanäle gebildet werden, im Laubholz dagegen zahlreiche dunkle Längslinien, durch die Gefäße gebildet. Die hellen unregelmäßigen Querbänder in Abb. 12 sind Markstrahlstücke.

springen schon im innersten Jahrring und setzen sich durch alle äußeren Ringe fort (primäre Markstrahlen). In jedem weiteren Ringe nach außen treten dann entsprechend dem erweiterten Umfang noch neue hinzu (sekundäre Markstrahlen), so daß ihre Zahl mit zunehmendem Umfang und Alter immer größer wird. Alle Holzarten besitzen solche Markstrahlen. Bei vielen, besonders bei den Nadelhölzern, sind sie aber so fein und schmal, daß man sie mit bloßem Auge nicht erkennen kann. Andere wiederum, wie die in Abb. 3 dargestellte Eiche, besitzen sehr breite Markstrahlen. Diese sind einfach, d. h. sie bestehen aus einem zusammenhängenden, in sich gleichartigen Gewebestreifen, während es sich bei anderen Arten, z. B. bei der Hainbuche, um breite zusammengesetzte, d. h. zahlreiche feine einfache Markstrahlen handelt, die durch ihre nahe Zusammenlagerung den Eindruck eines einzigen Strahls hervorrufen.

Betrachtet man dann das Bild des radialen Längsschnittes (s. Abb. 11 u. 12), so findet man hier deutlich statt der körnigen Struktur des Querschnittes eine ausgesprochene Faserung, die in der Längsrichtung des Stammes verläuft. Diese Faserung ist ja die bezeichnendste Struktur des Holzkörpers überhaupt und daher auch am bekanntesten. Sie ist nicht immer gerade, sondern oft wellig und läuft nicht immer parallel zur Stammachse, sondern mitunter auch in schwacher Schraubendrehung. Diese Abweichungen von der Norm sind für die Bearbeitungs- und Verwendungsfähigkeit des Holzes wichtig, und zwar meist nachteilig.

Die Jahrringe, etwas schlechter als auf dem Querschnitt erkennbar, zeigen sich hier als gerade, parallele Schichten. Die Gefäße, auf dem Querschnitt wie Poren erscheinend, zeigen das Aussehen feinerer oder gröberer Nadelrisse (Abb. 12). Es sind dies die angeschnittenen

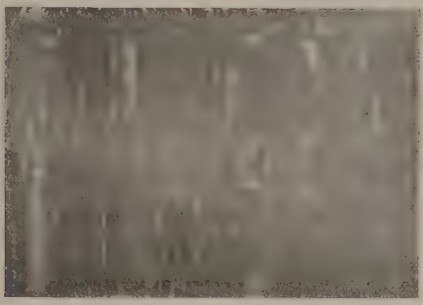


Abb. 13. Radialer Längsschnitt durch Rotbuchenholz.
Die hellen, bald breiteren, bald schmäleren Querbänder sind glänzende Markstrahlstücke (sogen. Spiegelfasern).

Hohlräume der Gefäße, die also Röhrenform haben müssen. Auch bei den Nadelhölzern zeigen sich wohl ganz vereinzelt solche Längsrisse, obwohl hier keine Gefäße vorkommen. Es handelt sich dabei um Harzkanäle (Abb. 11 bei +), die sich bei frischem Holz auch durch das Austreten des Harzes verraten. Man kann selten ein Gefäß über die ganze Fläche auch nur eines kleinen Längsschnittes hin verfolgen, trotzdem sie in Wirklichkeit oft meterlang sind, weil sie nie ganz gerade verlaufen und daher nur zu einem kurzen Teil in der Schnittfläche liegen.

Deutlich treten auf dem radialen Längsschnitt die Markstrahlen hervor (Abb. 13). Sie erschienen hier als verschieden breite, meist etwas dunklere oder hellere und glänzende Bänder (in der Sprache des Tischlers „Spiegelfasern"). Da auch sie niemals ganz gerade verlaufen, so bekommt man auch von ihnen immer nur Teilstücke zu sehen, während der Querschnitt deutlich ihren Zusammenhang im ganzen zeigte. Je weniger genau radial der Schnitt geführt ist, desto kürzere Strecken der Markstrahlen liegen natürlich in der Schnittebene und bei der großen Häufigkeit und dichten Verteilung der Markstrahlen im Stamm kann

durch Schragschnitte geradezu eine künstliche Maserzeichnung hervorgerufen werden, wie z. B. sehr schön bei der Platane (s. Abb. 14).

Der tangentiale Langsschnitt zeigt bezüglich der Faserung und des Aussehens der Gefäße keinen Unterschied vom Radialschnitt, da natürlich eine Faser oder Rohre auf allen Langsschnitten gleichartige Bilder geben muß.

Ganz abweichend ist jedoch das Aussehen der Markstrahlen. Während sie auf dem Querschnitt wie feine Linien oder Strahlen und auf dem Radialschnitt wie Bänder erscheinen, sieht man im Tangential-

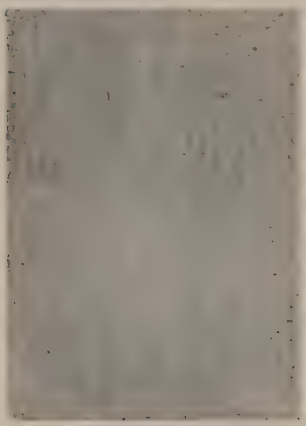


Abb. 14. Schräger Längsschnitt durch Platanenholz.

Künstliche Maserzeichnung durch die schräg angeschnittenen, hier dunkler erscheinenden Markstrahlen.

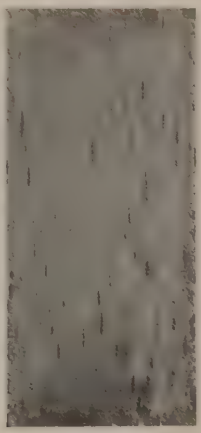


Abb. 15. Tangentialer Längsschnitt durch Rotbuchenholz.

Die dunklen spindelförmig zugespitzten Längslinien sind die Querschnittsbilder der Markstrahlen.

schnitt ihren eigenen Querschnitt und dieser ist etwa spindelförmig (s. Abb. 15). Man erhält eine gute allgemeine Vorstellung von Verlauf und Form der Markstrahlen, wenn man sich diese als Speichen von Rädern denkt, die so übereinandergeschichtet sind, daß die Mittelpunkte und Radkränze übereinander liegen, während die Speichen des einen gegen das darüber und darunter liegende Rad seitlich verschoben sind. Dann sieht man von oben die Speichen von der Schmalseite als Strahlen, im Radialschnitt von der Breitseite als Bänder oder Streifen und tangential ihren eigenen Querschnitt als Spindeln.

Im übrigen wird die richtige plastische Vorstellung von dem etwas komplizierten Aufbau des Holzkörpers und der Form und Lage seiner makroskopisch sichtbaren Gewebeteile am besten durch die schematische Darstellung eines Holzkeils vermittelt werden, wie sie für Abb. 1 gewählt worden ist.

II. Mikroskopischer Bau[1]).

1. Die einzelnen Elemente des Holzes.

Die Zellen, die den Holzkörper aufbauen, sind fest miteinander verwachsen. Man hat aber ein verhältnismäßig einfaches Mittel, um das Gewebe in seine einzelnen Elemente zu zerlegen und die Zellen zu isolieren. Es ist das sogenannte Schulzesche Mazerationsverfahren. Man bringt dünne Holzspäne oder Splitter in ein Gemisch von chlorsaurem Kali und Salpetersäure und erwärmt etwas über der Flamme. Dann löst sich die Verwachsungsschicht der Zellen auf, sie fallen beim Präparieren auseinander und lassen sich ihrer Form nach einzeln unter dem Mikroskop betrachten.

Die Hauptmasse des Holzes bilden, wenigstens bei den Laubhölzern, die Libriform- oder Holzfasern. Es sind das relativ lange und dünne, an beiden Enden zugespitzte Zellen, etwa von Nadelform (s. Abb. 16). Mitunter sind ihre Enden mit kleinen Zähnen oder einem kraftigeren Sporn, wie mit Widerhaken versehen, so bei der Rotbuche (vgl. Abb. 16 B). Ihre Wandung ist sehr dick, am dicksten in sehr harten, schweren Hölzern. Der Zellinnenraum ist oft bis auf einen kaum erkennbaren langen Spalt reduziert. Als Inhalt führen sie meist nur Luft oder auch wenige Reste von Plasma, jenem lebendigen Bildungsstoff, der den Pflanzen- und Tierkörper aufbaut, und der auch ursprünglich die Libriformfasern vor ihrer fertigen Entwicklung erfüllt hat. Die Wandung zeigt im mikroskopischen Bild kleine, kurze, meist schiefe Spalten. Es sind die sogenannten Spalttüpfel, keine vollständigen Durchbrechungen, sondern nur dünn gebliebene Wandstellen, durch die aber immerhin noch ein leichter Stoffaustausch von Zelle zu Zelle erfolgen kann, jedenfalls leichter als durch die stark verdickten Teile. Die Länge der Libriformfasern ist verschieden, durchschnittlich sind sie jedoch nur $^1/_2 - 1^1/_2$ mm lang. Das, was man makroskopisch als Holzfaser sieht, ist also nicht eine einzelne Zelle, sondern es sind viele hinter- und nebeneinander gereihte, zu einem gemeinschaftlichen Strang verwachsene Zellen.

Eine zweite Hauptform im Holzgewebe bilden die schon erwähnten Gefäße oder Tracheen. Sie setzen sich aus einzelnen Gefäßgliedern zusammen, d. h. zylindrischen oder prismatischen Zellen, die auf große Längen hin in der Faserrichtung übereinander stehen und deren ursprünglich vorhandene Querwände aufgelöst sind. So bilden die Gefäße dann bis über meterlange, durchlaufende Röhren. Die Wandung ist meist mäßig verdickt, seltener ziemlich dünn und dann mit spiral- oder netzförmigen Verdickungsleisten versehen (vgl. Abb. 17A). Als Inhalt führen die Gefäße im frischen Holze von Luftbläschen unterbrochenes Wasser (wodurch die sogenannte Jaminsche Kette zustande kommt) hier und da auch

[1]) Eingehenden Aufschluß über den mikroskopischen Aufbau des Holzes findet man in A. de Bary, Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane 1877, G. Haberlandt, Physiologische Pflanzenanatomie 1909 und Wiesner, Rohstoffe des Pflanzenreichs 1902.

Plasmareste. Die dickwandigeren Gefäße haben meist in ihrer Wandung dicht beieinander sitzende kleine Hoftüpfel (vgl. hierzu Abb. 18 C), d. h. unverdickte Durchlaßstellen, die beiderseits von einer Wandvorwölbung umgeben sind, an deren Spitze sich ein kleines rundes Loch, der Porus,

Abb. 16. Libriformfasern. Vergr. 200 fach.
A Schwächer verdickt (Linde). B Stärker verdickt (Rotbuche). st Spalttüpfel.

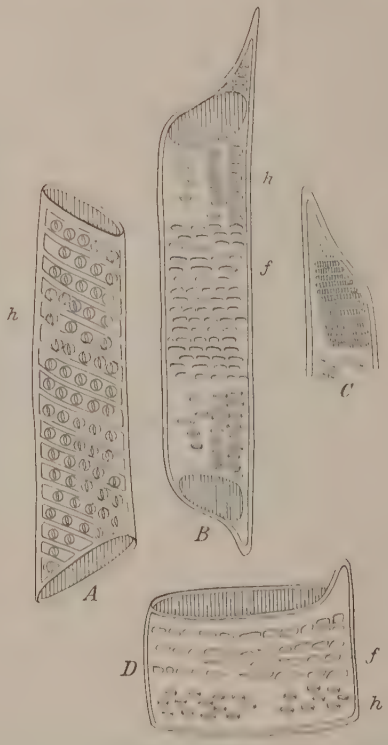


Abb. 17. Verschiedene Gefäße. Vergr. 400 fach.
A Von der Linde mit spiraligen Verdickungsleisten.
B Von der Rotbuche mit ringförmiger Durchbrechung.
C Desgl. mit leiterförmiger Durchbrechung.
D Weites, kurzes Gefäßglied der Eiche.
(Die offenen Durchbrechungsstellen sind schraffiert.)
h Hoftüpfel an den Berührungsflächen mit andern.
f Einfache Tüpfel an den Berührungsflächen mit Markstrahlen.

befindet. Die zwischen den Vorwölbungen ausgespannte und unverdickte Zellwand trägt in der Mitte wieder eine dickere runde Platte, den Torus, der, wenn er sich an den Porus anlegt, diesen verschließt. Das Ganze hat das Aussehen und höchstwahrscheinlich auch die Funktion eines

Klappenventils. Genaueres darüber steht freilich nicht fest. Zweifellos aber ermöglicht die dünne Schließhaut einen leichteren Stoffdurchtritt, während andererseits die Vorwölbungen die Schwächung der Wand durch große unverdickte Tüpfelstellen wieder ausgleichen. Der komplizierte Bau der Hoftüpfel ermöglicht also in höchst zweckmäßiger Weise die Anlage genügend großer, dünner Durchlaßstellen für den Stoffaustausch, ohne die Wandfestigkeit beträchtlich zu schmälern und verbindet damit weiter die Möglichkeit, Öffnung und Verschluß der Durchtrittsstellen beliebig zu wechseln.

Nicht immer sind die Gefäßglieder an ihren Enden, da wo die ursprüngliche Querwand des einzelnen Gliedes saß, vollständig durchbrochen, manchmal sind vielmehr noch dünne, parallel verlaufende Wandstreifen wie die Stäbe eines Gitters oder die Sprossen einer Leiter stehen geblieben. Man nennt dies leiterförmige Durchbrechung im Gegensatz zu der kreisförmigen. Manchmal, wie im Holz der Rotbuche, finden sich beide Formen nebeneinander (s. Abb. 17 B u. C). In beiden Fällen ist aber stets eine offene Verbindung zwischen den Gefäßgliedern vorhanden, niemals ist wie an den Tüpfeln der Längswände oder wie bei der folgenden Form, den sogenannten Tracheiden, eine, wenn auch dünne, so doch trennende Schließhaut vorhanden. Die Weite der Gefäße, d. h. ihr Durchmesser, ist sehr verschieden. Es gibt grobporige Hölzer, bei denen die Gefäße schon mit bloßem Auge zu sehen sind und bisweilen bis zu einem halben Millimeter Durchmesser haben, andere bei denen er nur Hundertstel eines solchen beträgt und wo der Gefäßquerschnitt daher nur mikroskopisch sichtbar ist. Immer aber sind die Gefäße so eng, daß für sie die physikalischen Gesetze der Kapillarität gelten. Die Länge der einzelnen Gefäßglieder ist bei den verschiedenen Arten ebenfalls verschieden, differiert aber nicht so sehr wie ihre Weite und wie die Länge der ganzen, aus Reihen von ihnen gebildeten Gefäßröhren. Diese schwanken bei den verschiedenen Holzarten in Grenzen von einigen Zentimetern bis mehreren Metern. Zahl, Weite und Länge der Gefäße sind, neben ihrer Bedeutung für das Leben des Baumes, natürlich auch von großer Wichtigkeit für die technische Verwendung des Holzes, insbesondere für seine Tränkfähigkeit, die unter sonst gleichen Verhältnissen damit steigt und fällt.

Sehr nahe steht den Gefäßen oder Tracheen die Form der Holzelemente, die schon in ihrem Namen auf die Ähnlichkeit mit ihnen hindeutet, die Tracheiden. In der Form des Querschnittes, im Bau der Längswand und im Zellinhalt stimmen sie mit jenen ziemlich überein. Während aber bei den Gefäßgliedern die Querwände sich auflösten und so eine offene Verbindung entstand, sind die Querwände bei den Tracheiden erhalten geblieben und nur zur Erleichterung des Stoffdurchtrittes gewöhnlich mit sehr zahlreichen Hoftüpfeln versehen (s. Abb. 18A in der Flächenansicht und A im Querschnitt). Meist stoßen die übereinander stehenden Tracheiden mit sehr schrägen Querwänden aufeinander, so daß ein allmählicher Übergang von der Quer- in die Längswandung stattfindet und die Tracheiden daher mehr die Form zugespitzter Fasern annehmen,

während die Gefäße abgeschnittenen Röhren glichen. Auch sind die Tracheiden nie so weit und lang wie die Gefäße, vielmehr stehen sie in der Länge den einzelnen Gefäßgliedern nahe und betragen durch-

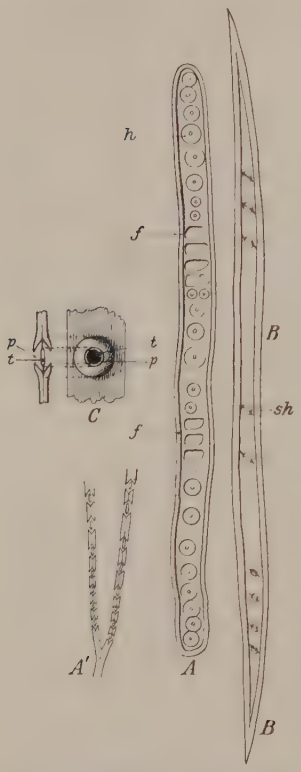


Abb. 18. Tracheiden des Kiefernholzes. Vergr. 200–400fach.

A Frühholztracheide in radialer Ansicht, A' in tangentialer Ansicht. B Spätholztracheide. h Hoftüpfel. f Einfache oder Fenstertüpfel. sh Spalthoftüpfel. C Hoftüpfel im Querschnitt (links) und Aufsicht (rechts). p Porus. t Torus.

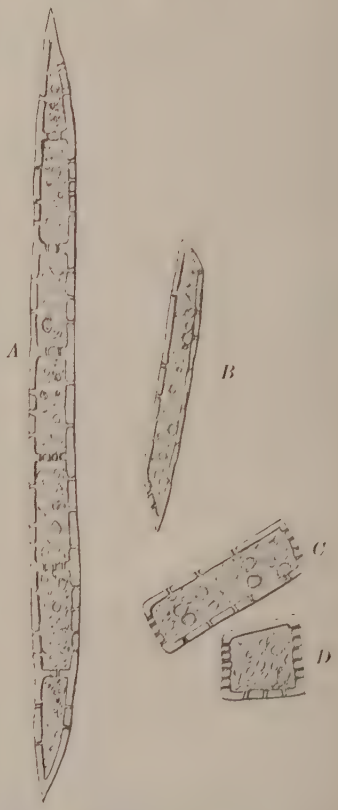


Abb. 19. Parenchymzellen aus dem Holzkörper. Vergr. 400fach.

A Holzparenchymstrang aus dem Holz der Esche. B—D Markstrahlenparenchymzellen, B der Rotbuche, C u. D der Eiche.

schnittlich nur etwa 1—1,5 mm. Die Hauptrolle spielen die Tracheiden bei den Nadelhölzern, die überhaupt keine echten Gefäße (übrigens auch keine Libriformfasern) führen. Die weiten, dünn-

wandigen und mit sehr großen Hoftüpfeln versehenen Tracheiden des Frühholzes (Abb. 18A) treten dabei offenbar an die Stelle der Gefäße, während die Spätholztracheiden (Abb. 18B) mit ihren starken Wänden, ihrer scharfen Zuspitzung an beiden Enden und ihren spärlichen spaltenförmigen Tüpfeln, die nur andeutungsweise noch ein kleiner Hof umgibt, die fehlenden Libriformfasern ersetzen, von denen sie der Form nach sich kaum noch unterscheiden. Überhaupt berechtigt uns eigentlich nur die Tatsache, daß bei den Nadelhölzern innerhalb des Jahrringes von den typischen Tracheiden des Frühholzes zu den Spätholzzellen ein ganz allmählicher Übergang stattfindet, dazu, die letzteren noch zu den Tracheiden und nicht zum Libriform zu rechnen.

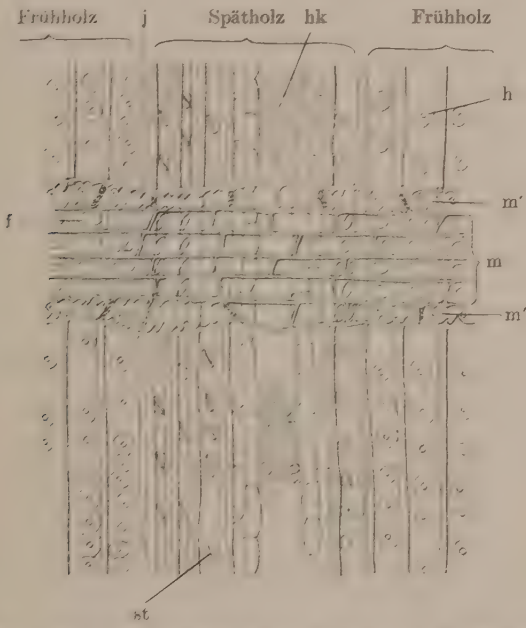


Abb. 20. Radialer Längsschnitt durch Kiefernholz. Vergr. 400fach.
j Jahrringgrenze. m Markstrahl — parenchymatische Reihen — (Inhalt in der Zeichnung weggelassen). m' Markstrahl (tracheidale Reihen). hk Harzkanal mit Harzeckrettropfen. h Hoftüpfel. st Spalttüpfel. f Fenstertüpfel.

Die dritte Art der Zellen, die im Holzkörper vorkommt, ist die des Holzparenchyms (s. Abb. 19). Es tritt zwar außer in den Markstrahlen nur spärlich auf, ist aber doch von besonderem Interesse durch seinen Inhalt. Während wir nämlich bei den Libriformfasern, Tracheen und Tracheiden nur Wasser und Luft als schließliche Bestandteile der aus-

gewachsenen Zellen fanden, diese Hauptbestandteile des Holzes also aus toten Zellen bestehen, sind die Parenchymzellen ganz von lebendigem Bildungsstoff (Plasma und Zellkern) und Stoffwechselprodukten des Plasmas erfüllt. Sie vertreten allein das Leben in dem großen mächtigen Holzkörper. Die Form der Holzparenchymzellen ist gewöhnlich die eines kurzen rechtwinkligen vierseitigen Prismas, ihre Wandung ist meist nur schwach verdickt und mit zahlreichen kleinen einfachen Tüpfeln versehen, wo Parenchymzellen aneinander grenzen. Da, wo solche an Tracheen oder Tracheiden grenzen, finden sich dagegen große einfache Tüpfel (sog. Fenstertüpfel) (s. Abb. 18 A bei f) oder kleine

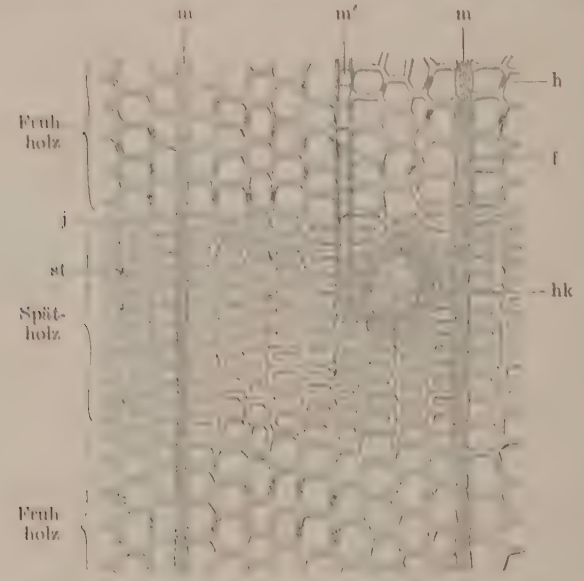


Abb. 21. Querschnitt durch Kiefernholz. Vergr. 400fach.
j Jahrringgrenze. m Markstrahlen (parenchymatische Reihen) m′ Markstrahlen (tracheidale Reihe). hk Harzkanal mit Harzsekrettropfen. h Hoftüpfel; f einfache oder Fenstertüpfel. st Spalttüpfel.

einseitig behöfte Tüpfel, wobei die Vorwölbung des Hofes nach der Tracheide zu liegt und eigentlich zu dieser gehört. Die Holzparenchymzellen sind die kürzesten Elemente des Holzes. Ursprünglich sind sie aus denselben Mutterzellen, wie die Libriformfasern, Tracheiden und die einzelnen Gefäßglieder entstanden und ebenso groß wie diese. Ihre Länge ist aber dann durch eingeschaltete Querwände auf etwa $^1/_{10}$ $^1/_{7}$ verkürzt worden.

Einer Bildung im Holz der Nadelhölzer ist schließlich noch zu gedenken, der Harzkanäle. Dies sind lange, gerade Kanäle, die keine

eigentlichen Zellen sind, sondern vielmehr nur Zwischenräume zwischen den Zellen. Sie sind entstanden durch Auseinanderweichen der umgebenden Zellen an ihrer gemeinsamen Berührungslinie, so daß sich an deren Stelle ein röhrenförmiger Hohlraum bildete, dessen Wandungen mit zarten Zellen ausgekleidet sind, die in dem Harzgang selbst das Harz in Tropfenform ausscheiden und ihn vollständig verstopfen können (s. Abb. 20 u. 21 h k).

2. Die Anordnung der Elemente im Holzkörper.

Die Anordnung der geschilderten Elemente im Holzkörper ist im allgemeinen derartig, daß die drei verschiedenen Gruppen, nämlich 1. Tracheen und Tracheiden, 2. Libriformfasern und 3. Holz- und Markstrahl-Parenchym jede untereinander in ununterbrochenem Zusammenhang durch den ganzen Stamm hin stehen; daß sie also in sich zusammenhängende Systeme bilden, trotzdem sie sich alle drei aufs innigste durchdringen. Außerdem besteht noch ein enger Anschluß des Holz- und Markstrahl-Parenchyms an die Gefäße. Der ununterbrochene Zusammenhang der Systeme ist aber nicht immer in einer einzelnen Schnittebene festzustellen. Hier scheint es vielmehr öfter so, als ob die Elemente einer Gruppe isoliert zwischen den anderen lägen. Wenn man z. B. einen radialen Längsschnitt untersucht, so findet man wohl vereinzelt in Libriform eingebettete Holzparenchymzellen oder scheinbar blind endigende Gefäße. Sicher stößt dann aber das Holzparenchym an Holz- oder Markstrahl-Parenchym des nächst höher oder tiefer gelegenen Schnittes und sicher schließt das blind endende Gefäß an ein benachbartes eines ebensolchen an. Man kann dies nur bei der Zerlegung eines Holzstückchens in eine fortlaufende Reihe mikroskopischer Schnitte, sogenannter Serienschnitte, sicher feststellen. Der Zusammenhang der einzelnen Systeme unter sich ist unbedingt nötig zum ungestörten Ablauf ihrer verschiedenen Funktionen, von denen wir noch zu sprechen haben werden. Es ist daher wichtig, sich bei der Betrachtung einzelner Schnitte dies immer zu vergegenwärtigen.

Die einfachste und zugleich regelmäßigste Anordnung der Elemente zeigen die Nadelhölzer, die ja, wie gesagt, nur aus Tracheiden und Markstrahlparenchym aufgebaut sind. Nur vereinzelt kommt auch Holzparenchym vor. Auf einem Querschnitt finden wir die Tracheiden in radialen Reihen angeordnet. Da diese Zellen, deren Einzelformen wir bereits in Abb. 18 kennen lernten, in der Längsrichtung des Stammes verlaufen, so sehen wir sie hier in ihrem eigenen Querschnitt, der meist ein etwas abgestumpftes Vier- bis Sechs-Eck bildet. Zwischen ihnen verlaufen, in ebenfalls radialen Linien, die Markstrahlparenchymzellen, die wir hier aber in ihrem eigenen Längsschnitt sehen, der ein meist schmales langes Rechteck bildet. Senkrecht zu diesen radialen Reihen sind die Jahrringgrenzen (Abb. 21 j) als deutliche Scheidelinien der Spätholztracheiden des einen Jahres von den Frühholztracheiden des nächsten Jahres sichtbar, während innerhalb desselben Ringes der Übergang ein allmählicher ist. Die Frühholztracheiden sind dünnwandig und haben weite

Zellinnenräume. Hauptsächlich auf ihren radialen, gar nicht oder seltener auf ihren tangentialen Wänden, finden sich zahlreiche Hoftüpfel in ihrem Querschnittsbild. Durch diese Anordnung wird also ein besonders leichter Stoffaustausch von Tracheide zu Tracheide in tangentialer Richtung ermöglicht. Die Spätholztracheiden sind viel dickwandiger. Dafür ist ihr Innenraum um so enger. Die Spätholztracheiden sind unter sich durch spärliche, sehr feine Kanäle verbunden, die auch bei starker Vergrößerung nur wie feine Linien erscheinen. Es sind dies die Querschnittsbilder der schon besprochenen Spalttüpfel (Abb. 21 st), die in der Mitte nur noch einen kaum angedeuteten Hof zeigen und sich damit als Übergang vom Hoftüpfel zum einfachen Tüpfel darstellen.

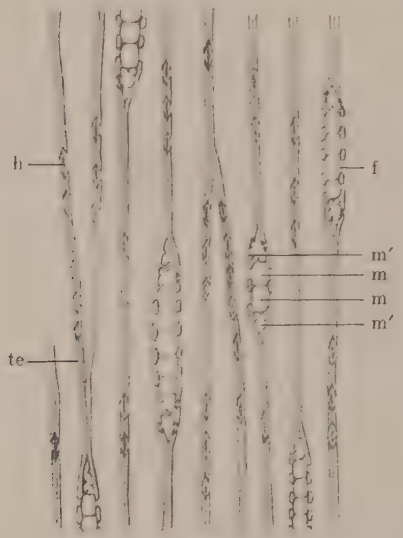


Abb. 22. Tangentialer Längsschnitt durch Kiefernholz. Vergr. 400 fach.
te Tracheidenende. h Hoftüpfel. f Einfacher oder Fenstertüpfel. m′ Tracheidale Reihen des Markstrahls. m Parenchymatische Reihen des Markstrahls.

Auf einem radialen Längsschnitt sehen wir die Tracheiden der Länge nach durchschnitten in ihrer Röhrenform, die nur auf den Radialwänden befindlichen Tüpfel dagegen in der Flächenansicht. Im Tangentialschnitt erscheint die Form der Tracheiden wieder ganz ähnlich wie im radialen, da eine Röhre ja in allen Längsschnitten gleiche Bilder geben muß, die Tüpfel aber erscheinen nun in ihrem Querschnitt und sehen daher ganz so wie auf dem Querschnitt des Holzstückes selbst aus. Ein bemerkenswerter Unterschied findet sich aber auf den beiden Längsschnitten in der Endigung der Tracheiden. Auf dem Tangentialschnitt laufen sie alle spitz zu, auf dem radialen dagegen endigen sie stumpf, wenigstens die weiten Frühholztracheiden (s. Abb. 20 u. 22 u. auch 18 A u. A′). Daraus ergibt sich, daß die Tracheiden geneigte Querflächen haben und daß sie sich in der Richtung des Radius zuschärfen. Man muß sich das Ende einer Tracheide etwa von der Form eines Meißels vorstellen, dessen Schneide mit dem Radius verläuft. Dann sieht man von der radialen Seite die breite Fläche des Blattes, auf der tangentialen die Zuschärfung der Schneide (s. Abb. 18 A u. A′).

Ein grundverschiedenes Bild zeigen auf dem radialen und tangentialen Schnitt die Markstrahlen. Auf dem ersteren stellen

sie sich als mehr oder minder breite Bänder parenchymatischen Gewebes dar, das quer zur Richtung der Tracheiden verläuft. Die Markstrahlen bestehen hier meist aus mehreren übereinander liegenden Zellreihen, deren unterste und oberste bisweilen tracheidal geformt, behöft getüpfelt sind und Wasser führen (Abb. 20 m′), während die mittleren die typische Form des Holzparenchyms zeigen, einfach getüpfelt und reich mit Plasma und Stoffwechselprodukten gefüllt sind (Abb. 20 m). In solchem Fall besteht dann der Markstrahl nicht nur aus Parenchym, sondern zum geringeren Teil auch aus Tracheiden.

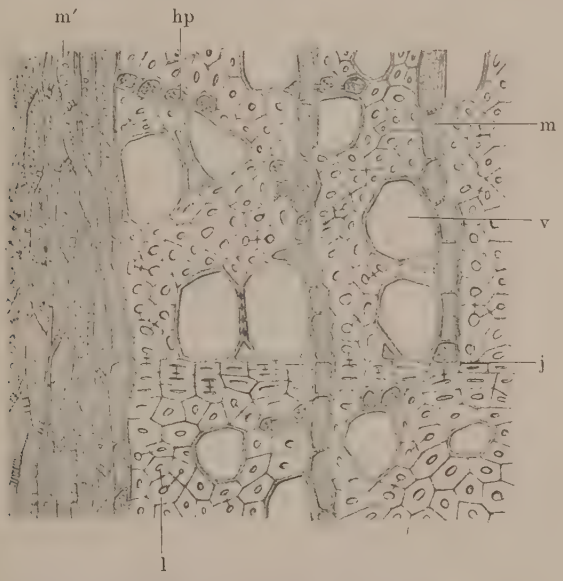


Abb. 23 Querschnitt durch Rotbuchenholz. Vergr. 400fach.
v Gefäße. l Libriformfasern (mit Spalttüpfeln). hp Holzparenchym. m Einschichtiger Markstrahl. m′ Mehrschichtiger Markstrahl. j Jahrringgrenze.

Im Tangentialschnitt sieht man die Markstrahlen und die Zellen, aus denen sie sich zusammensetzen, in ihrem eigenen Querschnitt. Der Markstrahl erscheint hier als schmale Spindel, da die oberste und unterste Zelle, die sich zwischen die anliegenden Tracheiden hineinschieben, einseitig zugespitzt sind. Bemerkenswert ist, daß die Markstrahlzellen an ihren Kanten von feinen Luftgängen (Interzellularräumen) begleitet werden, die durch die Baumrinde hindurch gehen und in Verbindung mit der Außenluft treten. Offenbar besorgen sie die Sauerstoffzuführung, die diese oft tief zwischen totem Gewebe eingebetteten lebenden Zellen zur Unterhaltung des Lebens nötig haben.

Viel mannigfaltiger und unregelmäßiger ist das mikroskopische Bild eines Laubholzes. Auf dem Querschnitt tritt eine radiale Anordnung der Elemente außer in den Markstrahlen fast nirgends mehr hervor. Die Vielgestaltigkeit der einzelnen Zellen, besonders die Ausbildung der großen Gefäße, die die benachbarten Gewebeteile zur Seite drangen, sind offenbar die Ursache hierfür. Die Hauptmasse des Holzes bilden, wenigstens bei harteren Hölzern, die Libriformfasern, deren Wandungen oft so stark verdickt sind, daß im Querschnitt ihr Innenraum nur wie ein Punkt erscheint, da die Innenwände sich fast berühren.

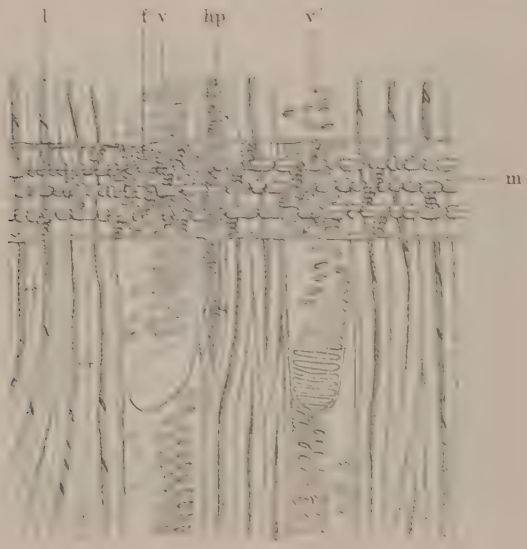


Abb. 24. Radialer Längsschnitt durch Rotbuchenholz. Vergr. 400 fach.
v Gefäß mit ringförmiger Durchbrechung. v' Gefäß mit leiterförmiger Durchbrechung. l Libriform mit Spalttüpfeln. hp Holzparenchym. m Markstrahl bei f mit einfachen Tüpfeln.
Die Markstrahlen sind der Übersichtlichkeit wegen entleert gezeichnet.

Die Libriformfasern zeigen hier und da schmale strichförmige Verbindungskanäle von Zelle zu Zelle, die nichts anderes als das Querschnittsbild der früher schon erwähnten Spalttüpfel sind. Sehr auffallend heben sich von diesen kleinen engen Zellen die Gefäße ab, die im Querschnitt wie große offene Ringe oder Polygone aussehen. Besonders häufig und weit sind sie im Frühholz, vor allem bei den sogenannten ringporigen Hölzern. Wo zwei Gefäße aneinanderstoßen, zeigt die gemeinsame Wand das eigentümliche Bild einer Kette oder Perlschnur (Abb. 23 in der Mitte). Es sind die dicht aneinandergereihten Querschnitte kleiner

Hoftüpfel, durch die zwei benachbarte Gefäße seitlich miteinander in regen Stoffaustausch treten können. Sehr zurück tritt nach Häufigkeit und Größe gegen die beiden vorgenannten Gruppen das Holzparenchym. Man findet es meist vereinzelt oder gruppenweise in der Nachbarschaft der Gefäße und Markstrahlen. Seine Zellen, im Querschnitt rundlich bis stumpf viereckig, haben nur geringe Wandstärke und zeichnen sich wie die der Markstrahlen gegenüber allen übrigen, durch ihren Inhalt an Plasma und Stoffwechselprodukten in Form feiner und gröberer Körner oder Tropfen aus. Da, wo im Querschnittsbild die eine oder andere Parenchymzelle vereinzelt zwischen Libriform zu liegen scheint, ist nach den früheren Ausführungen als sicher anzunehmen, daß sie in einem höher oder tiefer gelegenen Schnitt an andere Parenchymzellen und diese schließlich an einen Markstrahl anstoßen, da das ganze parenchymatische System ja zusammenhängt. Auffällig tritt auch auf dem Querschnitt eine Anlehnung der Parenchymzellen an die Gefäße hervor, die immer gern von Markstrahlen oder Holzparenchym begleitet und umgeben werden. Die Markstrahlen erscheinen auch bei den Laubhölzern als radial verlaufende Linien, sind aber im Gegensatz zu den stets einschichtigen der Nadelhölzer mitunter mehrere bis viele Zellen breit (s. Abb. 23 links).

Auf dem radialen Längsschnitt (Abb. 24) zeigen sich die Libriformfasern ihrer Länge nach, die schmalen Spalttüpfel dagegen in Flächenansicht, doch hier und da auch einmal auf den Tangentialwänden und dann im eigenen Querschnitt. Das Libriform bildet Gruppen oder Bündel langer, vielfach etwas wellig verlaufender, gewundener und mit den spitzen Enden gewissermaßen ineinander verkeilter Fasern. Besonders da, wo die Enden gezähnt oder gesport sind, wird offenbar eine sehr große Festigkeit in der Längsrichtung erzielt. Die Gefäße zeigen auf dem Radial- wie Tangentialschnitt (Abb. 25) ihre Röhrenwandungen in der Flächenansicht. Die Tüpfelung ist oft partienweise verschieden, je nachdem der eine Wandteil an ein Nachbargefäß, eine Libriformfaser oder an Holzparenchym grenzt. Da wo zwei Gefäßglieder aneinander stoßen, finden sich die Reste der ehemaligen Querwand oft noch in Form eines schräg liegenden Ringes vor. Bei leiterförmiger Durchbrechung sieht man die Reste der ebenfalls schrägen Querplatte hier in Flächenansicht, während sie auf dem Tangentialschnitt mit der schmalen Kante erscheint und daher dort das Gefäß oft geschlossen aussieht. Die schräge Querwand, bzw. ihre Reste sind nämlich ebenso orientiert wie bei den Tracheiden des Nadelholzes.

Das Holzparenchym tritt auf beiden Längsschnitten stets in Reihen oder Strängen von mehreren, meist 5—7 übereinanderstehenden, länglich-viereckigen Zellen auf, deren oberste und unterste meist zugespitzt ist, weil jeder Strang ursprünglich aus einer einzigen oben und unten zugespitzten Mutterzelle entstanden ist, die dann erst später durch 3—5 Querwände in eine Parenchymzellreihe zerlegt wurde. Die oberste und unterste Zelle enthält dann also immer die zugespitzten Endteile der Mutterzelle. Unter sich, wie mit Markstrahlen und Gefäßen stehen die Holzparenchymzellen in Verbindung durch ziemlich dichte,

einfache Tüpfel in ihrer Wand. Die Markstrahlenzellen ähneln meist denen des Holzparenchyms. Besonders scharf aber tritt auf dem Radialschnitt die rechtwinklige Kreuzung der Streichungsrichtung beider hervor. Während die Holzparenchymstränge senkrecht von oben nach unten verlaufen, läuft das Markstrahlenparenchym wagerecht von links nach rechts. Man spricht daher auch vom ersteren als von Strangparenchym und vom letzteren als Querparenchym.

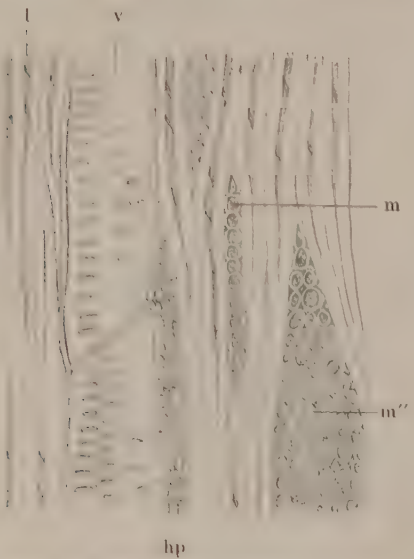


Abb. 25. Tangentialer Längsschnitt durch Rotbuchenholz. Vergr. 400fach.
v Gefäß. l Libriformfasern. hp Holzparenchym. m Einschichtiger Markstrahl. m'' Mehrschichtiger Markstrahl.

Sehen wir von dem weniger reich gegliederten und weniger fein differenzierten Nadelholz ab, so können wir die Grundzüge des Holzaufbaues etwa folgendermaßen zusammenfassen. Drei ihrer Natur nach grundverschiedene, unter sich lückenlos zusammenhängende Systeme von Zellelementen bilden in inniger Durchdringung und Verschlingung den gesamten Holzkörper. 1. Das wasser- und luftführende tracheale System, das ein Netzwerk von meist senkrechten Röhren bildet, in dem besonders die Kommunikation in der Längsrichtung begünstigt, jedoch auch für eine solche in der Querrichtung gesorgt ist, 2. das lebende, Plasma und Stoffwechselprodukte führende Parenchym, ein Netzwerk in zwei sich rechtwinklig kreuzenden Grundrichtungen, einer senkrechten und einer wagerechten (Holz- und Markstrahl-Parenchym), das unter sich durch reichliche, aber enge und einfache Tüpfelung in Verbindung steht, aber auch vielfach sich an das tracheale System anlehnt, 3. das Libriform, ein dichtes Gewebe von langen faserförmigen Zellen, ohne reichliche Kommunikation aber mit außerordentlich starken Wänden, das gewissermaßen die feste Grundmasse bildet, in deren Poren das tracheale und parenchymatische System eingebettet liegen.

III. Die stoffliche Zusammen-setzung des Holzes.

Die Stoffe, die wir im Holzkörper vorfinden, setzen sich zusammen aus den Bestandteilen der Zellwandungen und aus dem Inhalt der Zellen. Wie alle jungen Zellwände, so bestehen auch die des Holzes in der ersten Entwicklung aus Zellulose, einem Kohlenhydrat. Aber sehr bald tritt unter gleichzeitiger Verdickung der Wand eine charakteristische Veränderung in chemischer Beziehung auf die Zellwand verholzt. Man pflegt dies durch chemische Reaktionen nachzuweisen, deren gebräuchlichste die mit Phloroglucin und Salzsäure ist, wobei Karminrotfärbung, und die mit Anilinsulfat, wobei Gelbfärbung eintritt, während der Nachweis der reinen Zellulose dadurch erfolgt, daß sie durch Chlorzinkjod violett gefärbt wird. Worin eigentlich chemisch die Verholzung besteht, weiß man vorläufig noch nicht genau. Es handelt sich wahrscheinlich um eine Einlagerung mehrerer verschiedener Substanzen in die ursprüngliche Zellulosewandung, die man unter dem Sammelnamen Lignin Substanzen zusammengefaßt hat. Jedenfalls ist der Anteil des Kohlenstoffes auch in der verholzten Zellwand ein sehr großer, wie man das bei der Verkohlung des Holzes ja ohne weiteres sehen kann.

Obwohl Zellulose wie verholzte Zellwandungen chemisch relativ schwer angreifbar sind, besitzen doch die holzzerstörenden Pilze in offenbar hohem Maße die Fähigkeit, die Zellwand aufzulösen. Man nimmt an, daß dies mittelst besonderer Fermente oder Enzyme geschieht, die sie hierbei ausscheiden.

Im normalen Zustand im lebenden Baum ist die Holzwandung immer mit Wasser getränkt und in diesem Zustand mehr oder minder gequollen. Daher „schwindet" beim Austrocknen das Holz, d. h. es verkleinert sein Volumen. Doch stammt ein sehr großer Bruchteil des Gesamtwasserverlustes, den das Holz beim Trocknen erleidet, nicht aus der Verdunstung dieses Quellungs- oder „Imbibitions"-Wassers der Wand, sondern des Wassers im Innern der Zellen. Wir sahen ja schon, daß besonders die Gefäße und Tracheiden damit gefüllt waren. In den Holzzellen finden wir aber außer Wasser und Luft noch eine ganze Reihe charakteristischer Inhaltsstoffe. So treten Holzgummi, Gerbstoffe, Farbstoffe, Fette und Harze in Form von Tropfen, Kügelchen oder in Lösung darin auf. Sie erfüllen, besonders im Kernholz, oft ganz die Inhalträume und infiltrieren auch zum Teil die Wandungen. Auch kohlensaurer Kalk ist in ziemlich großer Menge in den Gefäßen des Kerns einzelner Laubhölzer (z. B. Rüster und Rotbuche) nachgewiesen worden. In den Holzparenchym- und Markstrahlzellen ist der Hauptbestandteil das aus Eiweißstoffen aufgebaute Plasma, dessen begleitende Fermente und mannigfaltige Stoffwechselprodukte. Besonders reichlich pflegt darunter die Stärke in Form kleinerer oder größerer Körner aufzutreten. Manche, besonders die harten Hölzer, behalten diese Stärkekörner in ihrem Parenchym auch über Winter in gleicher Form, während andere, besonders die leichten und weichen Laubhölzer und

die Nadelhölzer diese Stärke über Winter in Fett und Öltropfen umwandeln und erst im Frühjahr wieder reorganisieren. Man hat darnach die Holzarten geradezu in Stärke- und Fettbäume unterschieden. Die Markstrahlen sind wahrscheinlich wegen dieses Gehaltes an Stärke, Fetten und den anderen Inhaltsstoffen ein besonders beliebtes Angriffsobjekt tierischer und pflanzlicher Parasiten, besonders der Pilze. In vielen Fällen, wo es sich nicht gerade um holzzerstörende Arten handelt, findet man gerade das Parenchym besonders dicht von Pilzmyzel durchzogen, während in Tracheen und Libriform immer nur vereinzelte Fäden sich vorfinden. In solchen Fällen ist wohl nicht allein oder in erster Reihe der Entzug der Stärke durch den Pilz das hauptsächlich für den Baum Schädliche, sondern es treten wahrscheinlich auch noch Giftwirkungen auf das lebende Plasma hinzu, die die Parenchymzellen oft rasch töten, dadurch das ganze ineinandergreifende Triebwerk der Funktionen stören und schließlich den ganzen Stamm zum Absterben bringen. Auch die saprophytischen Pilze, die schon tote Zellen befallen, gehen gern den Markstrahlen und ihrem Inhalte nach. So findet sich z. B. das schwärzliche Myzel des Pilzes, der das Blauwerden der Nadelhölzer verursacht, Ceratostoma piliferum, überwiegend in diesen Zellen.

IV. Die physiologischen Funktionen des Holzkörpers.

Einen großen Aufwand an Kraft und wertvollen Baustoffen verwenden die Bäume an den Aufbau ihres Stammes, trotzdem wie wir sahen, die größte Masse desselben schließlich nur aus toten Zellen besteht. Aber der Stamm ist im Leben des Baumes auch nicht Endzweck, sondern nur der Träger der Baumkrone, d. h. des Blätterwerkes, in dem alle zum Aufbau des Pflanzenkörpers notwendigen Stoffe gebildet werden, und er ist der Träger der Blüten und Früchte, die die Erhaltung der Art sichern. Und gerade dadurch, daß die Bäume diese lichtbedürftigen Organe mittelst ihres Stammes aus der Konkurrenz der Kräuter und Sträucher hinausheben, schaffen sie sich neue und günstigere Lebensbedingungen. Darin liegt die innere Zweckmäßigkeit des großen Aufwandes an Kraft und Stoff, der mit dem Aufbau des Holzkörpers verbunden ist. Als dem Träger des Kronendaches und dem Mittelglied zwischen diesem und den Wurzeln erwachsen dem Holzkörper nun seine besonderen Funktionen. Die moderne Betrachtungsweise der physiologischen Pflanzenanatomie hat uns, gestützt auf reiches zur Vergleichung herangezogenes Material, und unterstützt durch die Experimente der Physiologie, diese Funktionen wenn auch meist nicht kausal erklärt, so doch in ihrer inneren Zweckmäßigkeit zu erkennen gelehrt.

Den drei Gewebesystemen, die wir im Holzkörper ausgebildet fanden, schreibt man drei verschiedene Funktionen zu, wenn man dabei auch nicht überall an eine ganz scharfe Trennung der einen von der anderen denken darf. Im trachealen System erfolgt hauptsächlich die Leitung

des Wassers und der in ihm gelösten Stoffe von den Wurzeln zur Krone. Welche Kräfte es sind, die das Wasser zu so beträchtlichen Höhen hinaufheben, ob rein physikalische wie Kapillarität, Saugung und Verdunstung, osmotischer Druck u. a., oder ob auch die lebenden Zellen des Parenchyms noch eine Rolle dabei spielen, die sich ja, wie wir sahen, überall an das tracheale System anlehnen, das ist trotz vieler Untersuchungen und Experimente noch heute nicht entschieden. Aber daß der Innenraum der Tracheen und Tracheiden der hauptsächliche Weg dieser Wasserhebung ist, darüber ist man sich jetzt wohl überall einig, während früher auch einmal die Wandung der Zellen selbst als Hauptweg des Wasseraufstieges betrachtet wurde. Der lange röhrenförmige Bau der Gefäße und Tracheiden, die große Weite dieser Zellen im Verhältnis zu den übrigen Elementen des Holzes, die reichliche Entwicklung von leicht passierbaren Durchtrittstellen in den Hoftüpfeln stehen in vollstem Einklang mit der heutigen Auffassung und wären in ihrer typischen Struktur gar nicht anders verständlich. Auch der Inhalt, den man in diesen Zellen findet, Wassersäulchen mit kleinen Luftbläschen, zeigt, daß ein sehr bedeutender Teil des Wassers sich jeweils im Innern der Zellräume befindet, wenn freilich auch die Zellwand von diesem Binnenwasser aus ständig feucht gehalten wird, oder wie es in der botanischen Fachsprache heißt, „imbibiert" ist.

Wir sahen, daß im Aufbau des trachealen Systems ein einschneidender Unterschied zwischen Laub- und Nadelholz besteht. Nur das erstere hat offene Verbindungen von Glied zu Glied der Tracheen, während die Nadelhölzer ja nur Tracheiden führen, die allseitig geschlossen sind und selbst an ihren Durchlaßstellen, den Hoftüpfeln, noch eine, wenn auch dünne, so doch trennende Schließhaut aufweisen. Auch ist die Weite der Leitungsbahnen im einzelnen ja bei den Laubhölzern viel größer als bei den Nadelhölzern, bei denen freilich wieder in Betracht kommt, daß sämtliche Elemente wenigstens im Frühholz, der Wasserleitung dienen können, während beim Laubholz das Libriform und Holzparenchym dafür kaum in Betracht kommen. Es ist noch nicht einwandfrei festgestellt, ob die Wasserleitung bei den Nadelhölzern durch die angeführten Umstände etwa erschwert wird. Im allgemeinen aber wird man wohl annehmen dürfen, daß der tracheale Bau der Laubhölzer den vollkommeneren und mehr differenzierten Typus des Wasserleitungssystems darstellt und daß er offenbar dem Bedürfnis, zu gewissen Zeiten, wie im Frühjahr bei Laubausbruch, rasch große Wassermassen nach oben zu bewegen, in besonderem Maße angepaßt ist, worauf schon das Auftreten der größten Gefäße gerade bei Beginn der Jahrringbildung hinweist. Für die überhaupt weniger Wasser verbrauchenden Nadelhölzer genügt auch der vielleicht weniger leistungsfähige tracheidale Typus.

Von Bedeutung ist aber der Unterschied des trachealen und tracheidalen Baues für die Technik der Imprägnierung. Während bei dem trachealen Bau verhältnismäßig weite und lange überall offene Röhren vorliegen, die ein leichtes und tiefes Eindringen der Im-

prägnierungsmittel ohne chemische Veränderung gestatten, tritt der tracheidale Bau mit seinen engeren und kürzeren Leitungsbahnen und vor allem seinen zahlreichen zu passierenden Querwänden dem Imprägnierungsmittel mehr oder minder hindernd entgegen und vermag auch durch Filtration eine chemische Veränderung oder Abschwächung der Konzentration hervorzurufen.

Das Holz- und Markstrahl-Parenchym ist offenbar allein im Holzkörper der Träger des Lebens und damit all jener mannigfaltigen chemischen Bildungen und Umsetzungen, die wir unter dem allgemeinen Ausdruck Stoffwechsel zusammenfassen. Freilich vollzieht sich nur ein kleiner Teil derselben im Holzkörper, der größere und wichtigere ist an die grünen Blattzellen und das Rindengewebe gebunden. Aber die Bildung von Stärkekörnern, aus dem von den Blättern zuströmenden Bildungssaft, von Fetten und Ölen, die Ausscheidung von Sekreten, wie Harz und Holzgummi, von gewissen Farbstoffen, die ja viele namentlich ausländische Hölzer auszeichnen, all das muß sich und kann sich allein in dem parenchymatischen System vollziehen, weil diese Vorgänge an das Vorhandensein lebenden Plasmas gebunden sind, das ja in den anderen Systemen des Holzkörpers nicht oder nur im Zustand der jungen Zellentwicklung vorkommt. Ein Teil der Stoffe, die im Parenchym gebildet werden, muß zur Unterhaltung des eigenen Lebens dieser Zellen dienen, ein großer Teil aber, das haben Beobachtungen ganz überzeugend gelehrt, wird als eine Reserve für andere Teile und besondere Fälle aufgespeichert und kommt dann dem Leben und Gedeihen des ganzen Individuums zugute. So hat man z. B. gefunden, daß in samenreichen Jahren eine Entleerung oder doch Verarmung des Parenchyms an aufgespeicherter Stärke eintritt, die also zur Bildung der sehr stärkereichen Samen mit herangezogen zu werden scheint. Das parenchymatische System im Holzkörper dient also zwei Hauptfunktionen, der Bildung und Umsetzung von Stoffen einerseits, und der Stoffspeicherung andererseits.

Dem dritten Gewebeteil des Holzkörpers, dem Libriform, fällt in der Hauptsache die Aufgabe der mechanischen Festigung des Holzkörpers zu. Die Last der Baumkrone und des oberen Stammteils stellt ganz erhebliche Gewichte dar, die getragen und gestützt werden müssen. Sie verlangen eine bedeutende Festigkeit gegen longitudinalen Druck (sog. Säulenfestigkeit). Weniger kommt es beim Holz im Leben der Pflanze auf reine Zugfestigkeit an. Diese wird in der Hauptsache nur bei Seitenwurzeln und herabhängenden Zweigen beansprucht, dagegen wird sie bei der technischen Verwendung des Holzes natürlich vielfach erfordert. Die Hauptanforderung, der ein Baumstamm in mechanischer Beziehung zu genügen hat, ist aber Biegungsfestigkeit, bei der die äußere Seite des gebogenen Stückes auf Zug, die innere gleichzeitig auf Druck beansprucht wird. Oft schafft eine ungleichmäßige Verteilung der Krone und die seitliche Verlagerung ihres Schwerpunktes über der Stammachse die Verhältnisse einer dauernden Inanspruchnahme auf Biegungsfestigkeit, immer aber verlangt die seitlich angreifende

Kraft des Windes, der ja bei uns selten ganz ruht, eine solche. Es leuchtet ohne weiteres ein, daß der mechanischen Beanspruchung besonders die Gewebeelemente dienen werden, die schon an sich besonders fest gebaut sind: das ist das Libriform. In der starken Verkleinerung des Zellinnenraumes zeigt sich die Vermeidung der schwächenden Hohlräume. Die Wand als eigentlich festigender Faktor ist relativ sehr stark! Tüpfel, die eine Schwächung hervorrufen würden, sind nach Zahl und Größe aufs äußerste reduziert. Die scharfe Zuspitzung der Enden, mit denen sich die Fasern zwischeneinander schieben, schafft eine äußerst feste Verwachsung. Sie sind gewissermaßen ineinander verkeilt. Dabei wird, wie wir sahen, durch die Ausbildung von Zähnen und Widerhaken ähnlichen Vorsprüngen diese Festigkeit der Verwachsung noch in einzelnen Fällen besonders erhöht.

Geht schon aus der Anpassung des anatomischen Baus der Zweck der mechanischen Festigung für das Libriform im Holzgewebe unschwer hervor, so haben auch noch andere Untersuchungen zu der gleichen Folgerung geführt. Es hat sich nämlich gezeigt, daß überall da, wo eine besonders starke, besonders eine einseitig starke mechanische Inanspruchnahme des Holzkörpers stattfindet, gerade der relative Anteil des Libriforms oder der Spätholztracheiden, die ja bei den Nadelhölzern physiologisch und anatomisch dem Libriform der Laubhölzer entsprechen, stark wächst. Das ist nicht anders zu erklären, als daß eben gerade dieses Gewebe den mechanischen Zwecken dienstbar gemacht wird. Im allgemeinen steigt und fällt daher die mechanische Leistungsfähigkeit, oder richtiger gesagt die Festigkeit mit dem zunehmenden oder abnehmenden Anteil des Libriforms oder bei den Nadelhölzern der Spätholztracheiden am gesamten Holzgewebe. Da das Libriform und die Spätholztracheiden zugleich auch die relativ massenreicheren Elemente sind, weil bei ihnen der Zellinnenraum im Verhältnis zur Wandstärke sehr zurücktritt, so ist das daran reichere Holz auch spezifisch schwerer, und man hat daher im spezifischen Gewicht des trockenen Holzes einen bequemen und vielfach gebrauchten Gradmesser für die Festigkeit desselben. Freilich ist dieser nur in beschränktem Grade zuverlässig, da es nicht nur auf die Masse, sondern namentlich bei der Biegungsfestigkeit auch auf die Verteilung der mechanisch leistungsfähigen Elemente über den Querschnitt und auch auf die Form und Verwachsung derselben ankommt. Andererseits kann auch das spezifische Gewicht des Holzes durch die Einlagerung von Inhaltsstoffen (Harze, Fette, Stärke u. a.) erhöht sein, ohne daß dadurch für die Festigkeit etwas gewonnen wird. Auch die Jahrringbreite steht vielfach in Beziehung zur mechanischen Leistungsfähigkeit. So werden insbesondere die langsam gewachsenen, feinringigen Nadelhölzer der Gebirgsstandorte hochgeschätzt. Hier zeigt sich wiederum ein relativ großer Anteil des Spätholzes, der den Vorzug bedingt. Umgekehrt ist es aber bei vielen Laubhölzern, bei denen gerade in den schmalen Jahresringen der Anteil des Libriforms gegenüber den Gefäßporen zurücktritt, wo dann also die breitringigeren Stämme gegenüber den engringigeren das festere Holz aufzuweisen haben. Sehr viel weniger

sichere Anhaltspunkte haben wir für die Beurteilung der anderen technischen Eigenschaften der Hölzer, wie Elastizität, Dehnbarkeit, Zähigkeit u. a. Wahrscheinlich handelt es sich hier neben der Form und Anordnung der Zellelemente auch noch um eine Verschiedenheit in der chemischen Beschaffenheit der Zellwand.

Wenn, wie vorhin auseinandergesetzt wurde, auch die einzelnen Gewebearten offenbar den verschiedenen Funktionen in besonderer Weise angepaßt sind, so ist doch nicht an eine ganz scharfe Trennung und die ausschließliche Bindung der einzelnen Funktion an das eine oder andere Gewebesystem zu denken, sondern nur an eine hauptsächliche Verrichtung, neben der auch noch die mehr oder weniger untergeordnete Beteiligung an den Funktionen der andern statthaben kann. So führen die Gefäße z. B. neben dem aus dem Boden aufgenommenen Wasser namentlich im Frühjahr noch vielfach Kohlehydrate in Lösung mit, die nur aus der Rinde und dem Holz- oder Markstrahlparenchym stammen können. Die sog. blutenden Holzarten, wie z. B. Birke, Hainbuche und besonders einige Ahornarten, sind ja vielfach und schon seit langem durch den hohen Zuckergehalt ihres Blutungssaftes im Frühjahr bekannt. Ebenso scheinen die Parenchymzellen doch auch bei der Wasserhebung und Leitung nicht ganz unbeteiligt zu sein, worauf bis zu einem gewissen Grade schon ihre auffällig häufige Anlehnung an die Gefäße und Tracheiden und ihre gute Verbindung mit diesen durch reichliche Tüpfelung hinzuweisen scheint. Es haben auch Versuche, in denen das lebende Parenchym auf kürzere Strecken abgetötet wurde, gelehrt, daß die Wasserzufuhr dadurch früher oder später ins Stocken geriet und aufhörte[1]).

V. Entstehung und Wachstum des Holzkörpers.

Man kann den Aufbau des Holzkörpers nicht voll verstehen, ohne wenigstens in den Grundzügen seine erste Entstehung und seine weitere Entwicklung zu kennen.

Wenn man einen jungen, eben austreibenden Sproß einer Holzpflanze an seiner Spitze untersucht, so findet man in ihm, wie das schon der äußere, weiche Zustand verrät, nur wenig erste Ansätze der Holzbildung. Den größten Teil des Querschnittes nimmt ein grünes, dünnwandiges und gleichartiges Grundgewebe ein. In ihm liegen aber eine Anzahl farbloser rundlicher Zellgruppen, in denen gewöhnlich ein oder mehrere weite Röhren mit ihrem ringförmigen Querschnitt auffallen, die ganz ähnlich wie die Gefäße des späteren Holzkörpers aussehen. Es sind auch tatsächlich die erstgebildeten Gefäße und damit die Anfänge der Holzbildung. Die auf dem Querschnitt rundlichen Zellgruppen, die sich vom grünen Grundgewebe schon durch ihre

[1]) Straßburger, Bau und Verrichtung der Leitungsbahnen 1891. Ursprung, Beteiligung lebender Zellen am Saftsteigen. Jahrb. f. wissensch. Botanik 1906, Derselbe, Abtötungs- und Ringelungsversuche an einigen Holzpflanzen. Jahrb. f. wissensch. Botanik 1907.

Farblosigkeit auf dem Radialschnitt, aber auch durch ihren langzelligen Bau unterscheiden, nennt man Gefäßbündel. Sie sind auf dem Querschnitt des jungen Sprosses gewöhnlich in einen Kreis gestellt und im Anfang noch seitlich voneinander getrennt (s. Abb. 26 I). Sie zerfallen deutlich in einen äußeren Teil mehr zartwandigen Gewebes (bot. Phloem oder Leptom genannt) und in einen inneren Teil mit derberen Zellen (bot. Xylem oder Hadrom), der auch allein die schon genannten Gefäße führt. Aus dem äußeren Teil geht später die Rinde, bzw. Borke des Stammes, aus dem inneren Teil der Holzkörper hervor. Zwischen Rinden- und Holzteil des Gefäßbündels liegt nun eine schmale Schicht äußerst zarter, regelmäßiger Zellen, das sog. Kambium, aus dem das ganze weitere Dickenwachstum des Stammes hervorgeht. Es bildet ein Muttergewebe, das stets teilungsfähig bleibt, und nach außen immer neue Rindenzellen, nach innen aber Holzzellen ablagert. Anfangs ist auch das Kambium wie die Gefäßbündel selbst seitlich nicht miteinander verbunden, aber sehr bald bildet sich von einem Bündel zum anderen eine Kambiumbrücke, so daß schließlich ein geschlossener Kambiumring entsteht (s. Abb. 26 II).

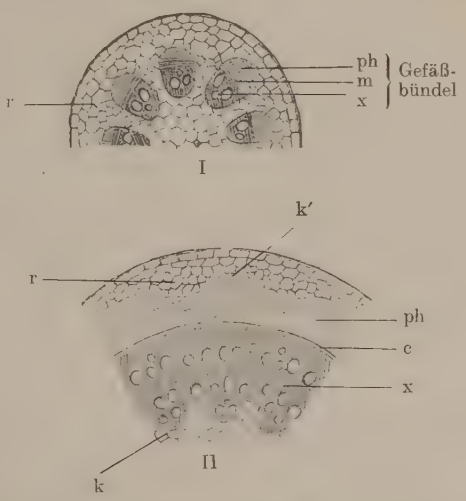


Abb. 26. Schematische Darstellung der Entstehung und Entwicklung des sekundären Dickenwachstums.
I. Stadium der isolierten Gefäßbündel.
II. Stadium des abgeschlossenen Holz- und Bastringes.
r Primäres Rindengewebe. m Mark. ph Bastgewebe oder Phloem. x Holzgewebe oder Xylem. c Kambium. Bei k und k' die Teile der ursprünglichen Gefäßbündel.

Damit sind die Vorbedingungen für die Bildung eines kompakten Holzzylinders im Innern und eines geschlossenen Rindenmantels nach außen gegeben. Das ursprünglich innerhalb des Gefäßbündelkreises gelegene Grundgewebe ist allmählich farblos geworden, die Zellen sind meist plasmaleer und nur mit Luft gefüllt, es ist in sogenanntes Markgewebe übergegangen (z. B. Holundermark). Die ersten Anlagen der Gefäßbündel kann man noch als kleine Vorwölbungen in dieses hinein, sog. Markkronen, erkennen (s. Abb. 26 II bei k).

Das Kambium sondert also während der ganzen Zeit des Wachstums nach außen Rinden-, nach innen Holzzellen ab, aber nach innen erfolgen die Zellteilungen viel häufiger wie nach außen, so daß die Rinde immer viel dünner ist, als der Holzkörper. Außerdem werden an der Außenfläche der Rinde später Teile in Form von Borkeschuppen abgestoßen, so daß die Rindendicke auch dadurch noch herabgesetzt wird. Durch die fortgesetzte Absonderung von Zellen nach innen und außen von einer Mutterzelle aus entstehen naturgemäß zunächst radiale Reihen. Ist die weitere Entwicklung der Zellen dann ziemlich gleichmäßig, wie z. B. bei den Nadelhölzern, so kann man die radialen Reihen dann auch noch im fertigen Holz genau verfolgen. Bei den Laubhölzern, wo einzelne Zellen sich zu großen Gefäßen, andere zu meist etwas kleineren Tracheiden, wieder andere zu den noch kleineren Parenchym- und Libriformzellen ausbilden, wird dagegen die ursprüngliche radiale Anordnung mehr oder minder stark verschoben und gestört. Übrigens finden im Kambium nicht nur radiale Teilungen statt, sondern auch solche in tangentialer Richtung, wodurch neue Kambiumzellen sich in den alten Ring einschieben und ihn dadurch vergrößern. Das ist unbedingt notwendig, wenn anders der Kambiumring nicht durch den in seinem Innern zuwachsenden Holzkörper gesprengt werden sollte. Mit jeder tangentialen Abspaltung einer neuen Kambiumzelle beginnt dann natürlich auch eine neue Radialreihe von Holzzellen.

Die Form der Kambiumzellen ist ebenso wie ihre Anordnung sehr regelmäßig. Sie stellen rechtwinklig vierseitige Prismen dar, die verhältnismäßig sehr lang und dünn sind. Sie stoßen nach oben und unten mit stark abgeschrägten Querflächen aneinander und sind tangential zugespitzt, so daß die obere und untere Schneide in der Richtung des Radius verläuft. Daraus entstehen dann die ganz gleichartig orientierten Querflächen der Tracheiden und der leiterartigen durchbrochenen Gefäße. Sind auch ursprünglich alle Kambium- und Jungholzzellen gleich oder doch sehr ähnlich, so findet nach Abspaltung in den Tochterzellen oft noch ein sehr verschiedenartiges Wachstum statt, durch das die eine Tochterzelle zum Gefäßglied, die andere zu einer Libriformfaser, wieder eine andere zur Parenchymzelle wird, obwohl sie doch alle von ein und derselben Mutterzelle stammen. Dieses verschiedenartige Eigenwachstum findet ebenso in der Fläche und Dicke wie auch in der Länge statt. Sonst müßten ja die verschiedenen Zellelemente einer Schicht und Reihe, die aus gleichen Mutterzellen hervorgingen, immer gleich lang sein, was, wie wir schon sahen, keineswegs der Fall ist. Besonders die Libriformfasern zeichnen sich noch durch ein nachträgliches stärkeres Längenwachstum aus, mit denen sie ihre Spitzen noch weit zwischeneinander schieben (sog. gleitendes Wachstum) und so gewissermaßen ineinander treiben und verkeilen.

In unseren Breiten macht das Kambium im Winter einen Ruhezustand durch, so daß das Wachstum dann stillsteht. Hier liegt die anatomisch sichtbare Jahrringgrenze. Im späteren Frühjahr beginnt

dann die Teilung bald sehr lebhaft werdend, flaut schon im Hochsommer ab und hört im Spätsommer und Frühherbst meist noch lange vor Eintritt der ersten Fröste vollständig auf. Daß die im Frühholz gebildeten Elemente dabei andersartig sind wie im Spätholz, daß in jenem die weiten und wasserführenden Zellen, in diesem die engeren, dickwandigen, der Festigung dienenden Elemente vorherrschen, wurde schon erwähnt. Über die unmittelbaren Ursachen dieser Verschiedenheit wie der ganzen Periodizität des Dickenwachstums wissen wir aber nichts Sicheres, wenigstens können wir sie zurzeit nicht kausalmechanisch erklären. Man glaubte früher, die Ursachen der Früh- und Spätholzbildung in verschiedenem Rindendruck suchen zu müssen. Man stellte sich dabei nämlich vor, daß mit der Zunahme des Jahresringes die Rinde einen immer größer werdenden Druck auf die Holzzellen ausüben müsse, wodurch dann die Verkleinerung der Spätholzzellen hervorgerufen werde, bis schließlich der Druck immer größer würde, und Wachstumsstillstand einträte. Später sollte sich dann durch allmähliche Weitung der Rinde über Winter dieser Druck wieder verringern, so daß dann im Frühjahr wieder große, weite Zellelemente gebildet werden könnten usf. Es ist nun aber nachgewiesen worden, daß ein solcher Druckunterschied der Rinde im Frühjahr und Herbst gar nicht besteht, womit der Erklärungsversuch, dem übrigens auch noch andere Bedenken entgegenstehen, hinfällig wurde[1]). Wenn auch nicht kausalmechanisch, so sucht man doch die verschiedene Ausbildung von Früh- und Spätholz insofern dem Verständnis zugänglich zu machen, als man sie als zweckmäßige Reaktion auf das jeweilige Bedürfnis im Haushalt des Baumes auffaßt. Im Frühjahr, wo für die junge Belaubung der Wasserverbrauch und damit auch das Wasserbedürfnis sehr groß ist, werden zunächst mehr die weiten, besonders zur Wasserleitung geeigneten Elemente gebildet, später tritt dann mehr das Bedürfnis der Festigung des vergrößerten Stammkörpers hervor und es tritt die Bildung mechanisch besonders widerstandsfähiger, engerer und dickwandigerer Elemente ein, wie sie Spätholztracheiden der Nadelhölzer und das Libriform der Laubhölzer darstellen. Eine Beziehung zwischen Neubelaubung und Frühholzbildung besteht auch zweifellos. Denn man hat gerade nach Entlaubung bei Raupenfraß und darauffolgendem Wiederaustreiben die Erscheinung der sog. doppelten Jahresringbildung beobachtet, bei der nach schon begonnener Spätholzbildung auf einmal wieder weitere, Frühholzcharakter tragende Elemente in demselben Ring auftreten, um erst dann mit Spätholzelementen abzuschließen[2]). Auch zeigen gerade viele Tropenhölzer, bei denen der Laubwechsel mehr allmählich vor sich geht, eine sehr schwache und undeutliche Jahrringbildung, d. h. geringe Unterschiede von Früh- und Spätholz.

---

[1]) Krabbe, Über die Beziehung der Rindenspannung zur Bildung des Jahrrings etc. Sitzungsber. d. Berliner Akad. d. Wiss. 1882. p. 1093 ff.

[2]) L. Kny, Die Verdoppelung des Jahrrings. Verhdl. d. bot. Ver. d. Prov. Brandenburg 1879.

Mit dem Auswachsen der Kabiumzellen zu den verschiedenartigen Formen der Holzzellen ist das Wachstum des Holzes im allgemeinen beendet. Bei den meisten Holzarten findet indessen im späteren Alter im Innern des Holzkörpers noch eine nachträgliche Veränderung weniger der Form, als des Inhaltes, der Wandsubstanz und der physiologischen Funktion statt. Das ist die Verkernung des inneren Holzteils. Die Verkernung besteht in einer Verstopfung der Wasserleitungsbahnen, wodurch diese funktionslos werden. Damit ist auch immer ein Absterben der Markstrahl- und Holzparenchymzellen verbunden, so daß der Kern ein tatsächlich ganz totes Gebilde darstellt. Die Verstopfung der Leitungsbahnen geschieht entweder durch eingelagerte Stoffe wie Holzgummi, Gerbstoffe und Farbstoffe und pflegt sich dann schon äußerlich durch die dunklere Farbe des Kernholzes zu verraten, wie z. B. Eiche, sie kann aber auch durch sog. Thyllenbildung erfolgen, wobei die umgebenden Parenchymzellen die Schließhäute ihrer Tüpfel als sack- oder ballonartige Ausstülpungen in das Innere der Gefäßröhren vortreiben und diese so ganz ausfüllen und versperren. (S. Abb. 27.) Eine Verfärbung verbindet sich nicht immer damit, so daß man eine Abgrenzung des Kerns nicht sieht, trotzdem er tatsächlich vorhanden ist (wie z. B. Buche). Man nennt solche Hölzer „Reifhölzer" zum Unterschied von den „echten Kernhölzern", bei denen die Kernbildung auch äußerlich durch Farbenunterschied ins Auge fällt. Bei den Nadelhölzern findet meist eine Harzablagerung in den Tracheiden statt und die Verkernung tritt ebenfalls mit Verfärbung (Kiefer, Lärche) oder ohne solche ein (Fichte, Tanne). Die Kernbildung tritt immer erst nach einem gewissen, bei den einzelnen Holzarten übrigens recht verschiedenen Alter auf. Es ist aber unrichtig, sie geradezu für eine Alters- und Degenerations-Erscheinung anzusehen. Durch die Verkernung gewinnt der Stamm fast stets an Festigkeit und das Holz meist auch an Dauerhaftigkeit. Was letztere anbetrifft, so bietet allerdings die Verkernung nicht immer einen absoluten und dauernden Schutz. Wenn auch die besonders kernigen Laubhölzer,

Abb. 27. Radialschnitt aus dem roten Kern der Buche.

th Thyllen, die Gefäße verstopfend. th' junge Thyllen in Bildung. hp Holzparenchym, von Holzgummi, Farb- und Gerbstoffen erfüllt. m Markstrahl, von Holzgummi, Farb- und Gerbstoffen erfüllt.

wie Eiche und Akazie, und von den Nadelhölzern Lärche und Douglasie sich bei der technischen Verwendung gegenüber einer großen Anzahl von Holzzerstörern, insbesondere unter den Pilzen, durch Dauerhaftigkeit besonders auszeichnen, so greifen doch manche andere Arten, wie z. B. der Kiefernbaumschwamm, Trametes pini, und der Pilz der Stockfäule (Polyporus sistotremoides) gerade das Kernholz an, auch die häufige Kernfäule alter Eichen ist ja eine ganz bekannte Tatsache. Von dem echten Kern, der in einem bestimmten Alter immer normalerweise aufzutreten pflegt, ist wohl zu unterscheiden der falsche Kern, der fast immer eine pathologische Ursache hat, sonst aber ganz ähnliche Bilder und anatomische Veränderungen darbietet wie der gesunde echte Kern. Meist pflegt allerdings der falsche Kern sich auf dem Querschnitt nicht mit den Jahresringen abzugrenzen, sondern sehr unregelmäßig zu verlaufen. Auch zeigt er gleich von vornherein häufig faule und morsche Stellen in seinem Innern. Der falsche Kern scheint meistens eine Schutzbildung nach Verwundungen und Pilzinfektion zu sein, wodurch eine Weiterverbreitung des schädlichen Parasiten hintangehalten werden soll, indem diesem durch die Kernstoffe gewissermaßen der Weg verlegt und durch die Verstopfung der Leitungsbahnen die Wasserzufuhr abgeschnitten wird. Häufig gelingt die Abwehr nicht ganz oder gleich von vornherein. Dann beginnt an den betreffenden Stellen eine mehr oder minder starke Zerstörung des Holzkörpers durch den eingedrungenen Pilz. Daher stammen dann die oft zu beobachtenden Faulstellen in einem solchen falschen oder „Faulkern".

Ist der falsche Kern überall hart und ohne Faulstellen, so ist seine Festigkeit und Dauerhaftigkeit meist nicht geringer als die des normalen Kerns.

Die Kernbildung, auch die falsche, hindert aber natürlich in hohem Maße die Imprägnierung, d. h. das Einpressen von antiseptischen Lösungen, da ja die Hauptleitungsbahnen durch die Verstopfung unwegsam gemacht worden sind. Was hier also an Dauerhaftigkeit durch die Verkernung auf der einen Seite gewonnen wird, geht häufig durch die Behinderung der gründlichen Imprägnierung auf der anderen wieder verloren.

B. Zerstörung des Holzes.

I. Zerstörung des Holzes durch atmosphärisch-klimatische, mechanische und chemische Einflüsse.

Von

Basilius Malenković,

k. u k. Hauptmann der Pioniertruppe d. R., Neulengbach bei Wien.

1. Schädigungen des Holzes durch atmosphärisch-klimatische und mechanische Verhältnisse.

a) Schädigungen des Holzes durch Schwankungen im Wassergehalte desselben.

Lagert das Holz monate- bis jahrelang geschützt vor Regen und Bodenfeuchtigkeit, so erlangt es den Zustand der Lufttrockenheit. In diesem Zustande enthält das Holz 10 bis 15% seines Trockengewichtes an Wasser, und zwar entfällt bei Holzarten mit Kern und Splint auf den Kern wie auf den Splint annähernd gleichviel Wasser.

Der Zustand der Lufttrockenheit bedeutet keineswegs ein Aufhören des „Arbeitens", das sind jene Volumenänderungen, die man bei zunehmendem Feuchtigkeits-(Wasser-)Gehalte des Holzes Schwellen oder Quellen, bei abnehmendem aber Schwinden oder Schrumpfen nennt. Man könnte die Periode, welche zwischen dem Fällen des Holzes und dem Erreichen des Lufttrockengewichtes liegt, als Periode des „groben Arbeitens" bezeichnen.

Unmittelbar nach dem Fällen enthält das Holz durchschnittlich ungefähr 45% Wasser, und zwar der Kern ungefähr 15%, der Splint ungefähr 50%. Das diesem Zustande entsprechende Gewicht wird Frischgewicht genannt.

Nach Erreichung der Lufttrockenheit beginnt die „zweite Arbeitsperiode" oder Periode des „feinen Arbeitens".

Die Folgen des Wechsels im Feuchtigkeitsgehalt des Holzes sind bei Zunahme an Feuchtigkeit eine Volumenvergrößerung, bei Abnahme an Feuchtigkeit eine Volumenverkleinerung.

Das Holz ändert infolge der Schwankungen des Feuchtigkeitsgehaltes sein Volumen nach verschiedenen Richtungen. Man gibt an:

Holzart	% Volumenverminderung beim Übergang vom Frischgewicht zum Trockengewicht		
	Längsrichtung	Radial	Tangential
Eiche	0,30	4,30	6,50
Buche	0,30	5,00	9,30
Fichte	0,08	2.00	4,50
Tanne	0,10	3,30	6,10
Kiefer (Föhre)	0,10	2,20	4,40
Lärche	0,15	3,30	4,20
Mittel	0,171	3,70	5,88
Gewöhnliche Angabe als Mittel	0,1	3,00 bis 5,00	6,00 bis 15,00

Diese Volumenveränderungen entsprechen einer Feuchtigkeitsabnahme von ca. 45 bis auf 15 oder 10%. Die Ursache der Feuchtigkeitsschwankungen nach Erreichung des Lufttrockengewichtes sind:

a) Änderung der Luftfeuchtigkeit,
b) Beregnung,
c) Bodenfeuchtigkeitsschwankungen.

Zu a) Man nimmt an, daß absolut trockenes Holz in der mit Feuchtigkeit gesättigten Luft ca. 15% Wasser (soviel als die obere Grenze bei lufttrockenem Holz) aufnimmt. Unter gleichen Umständen nimmt das Holz in Luft von X% Feuchtigkeit nur $\frac{X}{100}$ mal soviel Wasser auf, als in gesättigter Luft. Von der Luftfeuchtigkeit hat man Schwankungen von etwa 15 bis $6 = 9\%$ im Wassergehalt (entsprechend $40-100\%$ Feuchtigkeitsgehalt der Luft) zu erwarten, rund 10%.

Zu b: Beregnung. Wieviel Wasser bestenfalls aufgenommen werden kann, zeigt der Erfolg einer Einlagerung in eine Flüssigkeit. In 8 Tagen nimmt 1 m³ (8 m lange Telegraphenstange) auf:

Kiefer . . . . . 70 kg
Fichte . . . . . 30 kg } Flüssigkeit.

Das Gewicht von 1 m³ Holz ist lufttrocken:

Kiefer . . . . . 520 kg
Fichte . . . . . 470 kg

In Prozent sind das: Kiefer ca. 13,5%,
Fichte ca. 6,5%.

Der Erfolg einer Beregnung wird wohl nie größer sein, als der einer 8tägigen Tränkung.

Zu c: Bodenfeuchtigkeit. Im Maximum kann die Schwankung äußerst groß sein, ja sogar größer als die Differenz im Feuchtigkeitsgehalt von frischem und lufttrockenem Holze, also über $30-35\%$.

Nimmt doch z. B. Kiefer bei pneumatischer Imprägnierung unter Umständen 350 kg Lauge auf, was nahezu 70% Wasserzunahme entspricht. So viel kann aber auch im Boden, wenn er naß ist, aufgenommen werden und beim Austrocknen der Wassergehalt bis zum Prozentgehalt des Lufttrockengewichtes (15%), also um volle 55%, sinken.

Ist das Holz zum Teil in der Erde, zum Teil darüber, so kann die Feuchtigkeitsdifferenz zwischen beiden Teilen zu ein und derselben Zeit sehr groß sein, bisweilen $30-35\%$, und im Maximum selbst 55%. Im allgemeinen werden die Schwankungen im Feuchtigkeitsgehalt des Holzes nach Erreichung des Lufttrockengewichtes nicht über 10%, also etwa nur $^1/_3$ jener, die zwischen dem Fällen und der Lufttrockenheit vorkommen, betragen.

Nach Vollendung des groben Arbeitens stellt sich „erstes Gleichgewicht“ oder „grobes Gleichgewicht“ ein. Es werden nämlich diejenigen Widerstände, die ein Gleichgewicht hindern, mit Gewalt überwunden. Je rascher das geschieht, desto größer die Zerstörungen. Da das Holz beim Trocknen sein Volumen nach verschiedenen Richtungen

ungleich ändert, ergeben sich Spannungen. Am größten sind dieselben in tangentialer Richtung, da ja dort die Volumenänderung am größten ist. Diese Spannungen haben Unterbrechungen der Kontinuität in der Linie des geringsten Widerstandes, senkrecht zur Richtung der Zusammenziehung, tangential zur Folge. Den geringsten Widerstand setzen aber die Markstrahlen entgegen. Von diesen geht die Trennung aus. Es entstehen so Risse, genannt

Kernrisse,
Markrisse,
Spiegelklüfte und
Strahlenrisse.

Verläuft der Riß der Faserrichtung parallel und hauptsächlich oberflächlich, so spricht man von Luftrissen.

Oberflächenrissen oder
Trockenrissen.

Ungleichmäßiges Trocknen des Holzes, wie einseitige Erwärmung durch die Sonne oder einseitige Abkühlung durch Luftzug, begünstigt ganz besonders die Rißbildung. Gleichfalls durch ungleiche Spannungen verursacht sind Veränderungen (Schädigungen des Holzes) anderer Art, die man

Werfen (ein Brett hat sich geworfen, wenn es muldenförmig ist) und Verdrehen (ein Mast hat sich verdreht, wenn eine auf der Mantelfläche parallel der Achse gezogene Gerade zur Schraubenlinie geworden ist)

nennt.

b) Einfluß des Gefrierens und Wiederauftauens.

Gefrierendes Wasser vergrößert sein Volumen, da bekanntlich das Wasser bei -4^{0} C die größte Dichte aufweist. Gelangt nun Wasser in Risse des Holzes, so dehnt es sich beim Gefrieren aus und wirkt sprengend. Das sind die mit freiem Auge sichtbaren Schädigungen. Unabhängig davon befindet sich aber unter Umständen auch Wasser in den Zellräumen, das gleichfalls gefrieren kann. Es ist die Annahme gestattet, daß dasselbe die einzelnen Zellwände sprengen kann und so mit freiem Auge nicht sichtbare Veränderungen verursacht. Das Gefrieren und Wiederauftauen ist eine äußerst wichtige Ursache der Zerstörung des Holzes. Ich brauche hier nur daran zu erinnern, daß man die Güte einzelner Baumaterialien (Ziegel, Steine) so prüft, daß man sie in mit Feuchtigkeit gesättigtem Zustande gefrieren und wieder auftauen läßt und bestimmt, welcher Zerstörungseffekt der n-maligen Wiederholung dieser Prozedur zukommt.

Die Schädigung des Holzes durch diese Zerstörungsursache ist um so größer, je öfter sich das Gefrieren und Wiederauftauen wiederholt. In dieser Beziehung sind Temperaturen nahe an 0^{0} C (teils über, teils unter), also der öftere Wechsel von $-$ zu $-$, dem Holze am allergefährlichsten. Es kommt hier ausschließlich nur darauf an, wie oft im Laufe eines Winters das Gefrieren vor sich geht.

c) Wirkungen von Temperaturschwankungen und höheren Temperaturen.

Der Wärmeausdehnungskoeffizient des Holzes ist recht klein. Z. B. für Fichte:

Radial 0,00003410,
Längsrichtung . . . . 0,00000411.

Beide stehen im Verhältnis 8 : 1.

Der mechanische Einfluß der Temperaturschwankungen auf das Holz kann sonach nur ein geringer sein. Meist ist die Temperaturschwankung nur die indirekte Ursache der Zerstörung, nämlich, indem dieselbe einen Wechsel des Feuchtigkeitsgehaltes des Holzes, allenfalls ein Gefrieren und Wiederauftauen, zur Folge hat.

Höhere Temperaturen, etwa von 60° C — also schon unter Umständen die Bestrahlung durch die Sonne — können aber verderblich wirken. Zunächst, indem sie den Wassergehalt des Holzes verringern. Dann gehen, wenn auch nur äußerst langsam, Veränderungen im Holze vor sich, die mit einer trockenen Destillation zu vergleichen sind.

Die Folgen dieser Änderungen, mögen sie noch so langsam und unmeßbar erscheinen, sind molekulare Veränderungen im physikalischen Sinne, Abspaltungen, insbesondere Wasserabspaltungen, im chemischen.

Ob der Zerstörungseffekt mit dem freien Auge sichtbar werden kann, läßt sich wohl nicht sagen. Wohl aber müßte bei Holz, welches Jahre lang höheren Temperaturen (über 60° C) ausgesetzt ist, eine deutliche Festigkeitsverminderung als Folge der durch Wärme verursachten chemischen Veränderungen konstatierbar sein.

d) Schädigungen durch Wind.

Eine Schädigung kommt bei aufrecht stehendem Holze (Säulen, Leitungsmaste) in Betracht. Der Wind biegt die Säule. Ist er stark (Orkan), so kann er dieselbe glattwegs abbrechen, und zwar erfolgt in der Regel der Bruch an der Grenze zwischen Luft und Erde.

e) Wirkung von mechanischen direkten Erschütterungen und Einwirkungen[1]).

Um beim Anlegen eines Schiffes an einer Landebrücke Schiff wie Brücke vor Beschädigungen zu schützen, sind an der Außenseite der Brücke Reibepfähle, Streichbalken oder Schwimmfender angebracht, die an der Berührungsstelle mit dem Schiffskörper ständig abgescheuert und bei regem Schiffsverkehr in kurzer Zeit zerstört werden. Tierische und pflanzliche Holzschädlinge spielen bei der Zerstörung, dieser der mechanischen Abnutzung geweihten Hölzer eine untergeordnete Rolle.

[1]) Dieser Abschnitt ist vom Herausgeber hinzugefügt.

Hölzerne Poller, Anbindepfähle und Dalben erleiden oft, wenn auch nicht in dem Maße wie die Reibehölzer, durch die Reibung der an ihnen befestigten Schiffstrossen, namentlich der Stahltrossen, erhebliche Beschädigungen.

Ebenso ist das Treibeis imstande, die Außenschicht der im Wasser stehenden Pfähle abzuscheuern oder die Pfähle vollständig abzuschneiden. Pfähle von Leitwerken in Wasserstraßen werden nicht selten durch Schiffsstöße beschädigt oder abgebrochen.

Auch auf anderen Baugebieten trägt die mechanische Abnutzung des Holzes viel zur Zerstörung bei. Karrbahnbohlen werden durch die Karrenräder abgescheuert und zerstört.

Holzpflaster und andere hölzerne Brückenbahnen werden durch Menschen und Wagenverkehr abgenutzt. Auch kleine mechanische Beschädigungen, namentlich mit spitzen Werkzeugen, wie Beschädigungen der Telegraphenstangen durch Kletterhaken oder der Wasserbauhölzer durch Bootshaken, können die Zerstörung des Holzes erheblich beschleunigen, da die durch die Werkzeuge gemachten Löcher oft Eingangspforten für Fäulnispilze sind.

f) Blitzschläge und Feuer.

Hochstehende Masten, Gerüste, Aussichtstürme und hölzerne Dachstühle, namentlich von Kirchen, sind durch Blitzschläge gefährdet. Als Schutz sind Blitzableiter zu empfehlen, für Dachstühle und Türme auch die Verwendung von feuersicher imprägniertem Holz, namentlich, wenn das Holzwerk schwer zugänglich ist oder so hoch liegt, daß es von der Spritze der Feuerwehr nicht erreicht werden kann.

g) Einfluß des Klimas auf die Lebensdauer des Holzes.

Als Holzzerstörer, die sich bemühen, die Lebensdauer des Holzes zu verringern, kommen im wesentlichen die Holzschädlinge und die Witterungseinflüsse in Betracht; beide sind im hohen Grade vom Klima abhängig. Fäulnispilze finden weder im trockenen heißen Klima noch in der kalten Zone günstige Lebensbedingungen. Die tierischen Holzschädlinge fehlen ebenfalls in der kalten Zone und finden z. T., wie die Termiten, nur in warmen Gegenden ihre Lebensbedingungen. Die Witterungseinflüsse in einem Klima, in dem Frost und Hitze, Trockenheit und Nässe häufig wechseln, werden dem Holze schädlicher sein als in einem Klima von gleichmäßiger Temperatur und Feuchtigkeit, sei es in den Tropen oder an den Polarkreisen.

Die Pfähle aus alten Pfahlbauten, die unter Wasser wohl keine großen Temperaturschwankungen zu erleiden hatten, haben Jahrtausende überdauert, ebenso wie das Holz aus den ägytischen Pyramiden, in denen Temperatur und Feuchtigkeit sich niemals beträchtlich geändert haben. Ein in einer Polarregion erbautes Blockhaus sieht nach einer Lebensdauer von 200 Jahren wie neu aus, als wäre es erst gestern erbaut worden. Die gleichmäßige Temperatur bei gleichzeitigem Fehlen der Holzschäd-

linge erklärt die lange Lebensdauer [1]). Auch in unseren Breiten können wir, wenn auch nicht in so überzeugender Weise, die Abhängigkeit der Lebensdauer vom Klima nachweisen.

In der Schweiz beträgt die Lebensdauer von Telegraphenmasten aus dem Holz der Lärche und Bergkiefer (unimprägniert)

an tiefen Standorten . . . . . 12—16 Jahre,
in höheren Tälern . . . . . 15—25 „
in den Alpenpässen . . . . . 20—25 „

Die geringsten Schwankungen der Temperatur und Feuchtigkeit sind in den Alpenpässen. Wegen der niedrigen Durchschnittstemperatur sind dort allerdings auch die Lebensbedingungen für die Holzschädlinge am ungünstigsten.

Getränkte Stangen zeigen nach R. Nowotny schon in Niederösterreich eine andere Lebensdauer als in Böhmen. Man kann wohl annehmen, daß die Wirkung der Imprägnierung gegenüber den Holzschädlingen in Böhmen dieselbe ist wie in Niederösterreich. Die verschiedene Lebensdauer muß also in den klimatischen Verhältnissen begründet sein. Das günstigere Klima für die Erhaltung hat entschieden Böhmen (kälter, daher seltener Gefrieren und Wiederauftauen). In Böhmen halten daher die Stangen auch länger.

Durch die Imprägnierung ist man heute imstande, die Holzschädlinge selbst bei Holz im Freien für Jahrzehnte fernzuhalten und die Lebensdauer der Stangen um das drei- bis vierfache zu verlängern. Die Witterungseinflüsse konnten bisher durch die Imprägnierung zwar etwas weniger wirksam gemacht, aber nicht ausgeschaltet werden, und der schließliche Abgang einer Stange ist in der Hauptsache eine Folge der Witterungseinflüsse, eine Folge des Wechsels im Feuchtigkeitsgehalt des Holzes, im Frieren und Wiederauftauen.

Die Hygroskopizität des Holzes, die Neigung, bei feuchter Luft Wasser aufzusaugen und bei trockener wieder abzugeben, und das Gefrieren des Wassers in den Zellräumen bewirkt die wechselnden Spannungen und schließlich die Zerstörungen der Holzfasern.

2. Zerstörung des Holzes durch chemische Stoffe.

a) Wirkungen des Sauerstoffs (Ozons) der Luft auf das Holz.

Die Wirkung des Sauerstoffs der Luft auf das Holz ist eine sehr langsame. Von einer eigentlichen Schädigung des Holzes durch denselben innerhalb der praktisch in Betracht kommenden Zeiträume, nämlich Jahrzehnte bis höchstens Jahrhunderte, kann nicht die Rede sein.

Heftiger oxydierend als die Luft wirkt das mitunter in der Luft vorhandene Ozon. Den Effekt der Einwirkung des Sauerstoffs der Luft auf das Holz nennt man „Altern des Holzes". Bei Holz, welches für

[1]) Siehe die Abhängigkeit der Pilze von der Temperatur. Abb. 47.

Musikinstrumente dient, ist dieses Altern von Vorteil, indem es den Klang (die Resonanz) verbessert, z. B. bei Geigen. Manchmal führt man es auch absichtlich durch Ozon oder Einwirkung von Alkalien und Säuren herbei. Im allgemeinen wird das Holz durch das Altern etwas dunkler.

b) Wirkungen des Wassers auf das Holz.

Bleibt Holz längere Zeit im Wasser, so findet Auslaugung statt, und zwar in den äußersten Partien desselben zunächst am stärksten, nach innen zu abnehmend.

Von der Auslaugung werden zunächst jene Holzbestandteile betroffen, welche sich leicht im Wasser lösen. Derartige Bestandteile sind: Organische Säuren und deren wasserlösliche Salze, ferner wasserlösliche Salze anorganischer Säuren, schließlich Zucker. Auch Eiweißstoffe und Stärke können so entfernt werden.

Die Entfernung dieser Stoffe stellt keine Schädigung des Holzes dar. Im Gegenteil, es werden so Nährstoffe für Pilze dem Holze entzogen.

Man könnte dies das „erste Stadium der Wassereinwirkung" nennen. Auf dieses erste Stadium folgt das zweite. Es werden nämlich nach und nach durch das Wasser, insbesondere durch alkalisches, Holzbestandteile gequollen, abgespalten und aus dem Holze entfernt, welche als in Wasser „praktisch unlöslich" gelten können.

Es sind das die Kohlenhydrate, die etwa zwischen dem Xylan und den Hemizellulosen stehen. Die Entfernung dieser Stoffe bedeutet zweifellos eine Schädigung des Holzes, insbesondere eine Verminderung der Festigkeit (Näheres im dritten Teil).

Im dritten Stadium schließlich wird Zellulose abgespalten. Die Folgen der Einwirkung des Wassers sind schon nach Wochen oder Monaten merklich, indem das Holz lichter wird, beim Eintrocknen wohl auch spröder und schwammiger. Aber selbst nach Jahrtausenden (Pfahlbauten) ist der Zerstörungsprozeß nicht beendigt.

Bei Holz, welches bald unter, bald über Wasser ist, wirkt der wechselnde Feuchtigkeitsgehalt des Holzes als wirkliche Zerstörungsursache.

c) Schädigungen des Holzes durch Säuren.

Säuren können auf zweierlei Art in das Holz gelangen:

a) unbeabsichtigt von außen.

Beispielsweise enthält der Rauch in Fabrikstädten schweflige Säuren. In vielen Fabriken und Hüttenwerken wird mit Säuren gearbeitet, die entweder als Flüssigkeiten oder als Dämpfe an das Holz gelangen können.

b) durch den Imprägniervorgang.

(Näheres im zweiten und dritten Teil.)

Schwache organische Säuren begünstigen nach Falck die Entwicklung von einzelnen Pilzen, stärkere können das Zellgefüge lockern (siehe Aufbau des Holzes: Schulzescher Mazerations-Versuch) oder

gar die Zellulose abbauen. Nach dem Grade der Schädlichkeit lassen sich die hier in Betracht kommenden Säuren, mit der schädlichsten beginnend, in folgende Reihe bringen:

Schwefelsäure,
Salzsäure,
Flußsäure,
Kieselflußsäure,
Borsäure, organische Säuren, z. B. Essigsäure, Zitronensäure, Oxalsäure, Ameisensäure.

Doch wird die Wirkung freier Säuren meist überschätzt und man führt oft allerlei Zerstörungen auf freie Säuren zurück, während die richtige Erklärung „unzureichende antiseptische Wirkung, also Zerstörung durch Pilze" ist.

d) Schädigungen des Holzes durch alkalische Stoffe.

Alkalikarbonate (Soda, Pottasche) sind harmlos. Ammoniak löst zweifellos einzelne Holzbestandteile auf, und zwar um so mehr, je konzentrierter. Ätzalkalien (KOH, NaOH) spalten das Holz bei hoher Temperatur. Zellulose wird frei. Aber schon bei niedrigerer Temperatur sind dieselben vielleicht nicht ganz unbedenklich. Allerdings hängt die Größe des Schadens von der Konzentration ab. Wasserglas verhält sich wie Ätzkali, ist also kein unbedingt harmloser Stoff.

e) Schädigungen des Holzes durch Neutralsalze.

Alkalisalze sind vollkommen harmlos (z. B. Kochsalz, Fluornatrium). Erdalkalisalze sind an und für sich harmlos, spalten aber mit Harzsäuren des Holzes Säuren ab. Schwermetallsalze, die zwei- und dreiwertig auftreten können (Eisen), neigen zum Zerfall in saures und basisches Salz, womit Säurenentwicklung Hand in Hand geht. In Verbindung mit Holz ist ihre Verwendung immerhin bedenklich.

Schließlich möge der Einwirkung der Erde auf das Holz gedacht werden. Stangen und Pfähle halten sich erfahrungsgemäß am besten im Ton, Lehm oder nassem Sand, weniger gut im trockenen Sand und am schlechtesten in Kalkboden.

II. Zerstörung des Holzes durch Holzschädlinge.

1. Pilze.

Von

Professor Dr. **Richard Falck**-Hann. Münden.

a) Allgemeine Morphologie der holzzerstörenden Basidiomyzeten.

Die technisch verwertbare Holzsubstanz ist ein Pflanzenprodukt, das bereits in der Natur die Bestimmung hat, der Pflanze oder doch gewissen Teilen derselben Festigkeit und Dauer zu verleihen. Sie ist ein Dauergewebe der besten widerstandsfähigsten Art, wohl ausgerüstet, dem Anstürmen der verschiedensten vernichtenden Faktoren standzuhalten. Dennoch bedarf es nicht erst gewaltsamer Eingriffe chemischer und mechanischer Art, um sie zu zerstören. Auch das härteste Kernholz erliegt der Verwesung im ununterbrochenen Kreislauf des Stoffwechsels in der Natur. Niedere Organismen, vor allem die auf der Holzsubstanz lebenden Fadenpilze, führen durch ihre Lebenstätigkeit den schließlichen Zerfall der Holzsubstanz herbei.

Bekanntlich sind Bakterien und Fadenpilze, soweit sie als Fäulniserreger in Betracht kommen, zu selbständiger Aufnahme anorganischer Nahrung, wie Kohlensäure, Stickstoff, Salpetersäure und Ammoniak, nicht befähigt, vielmehr sind sie zu ihrer Ernährung auf schon vorhandene organische Substanzen angewiesen.

Die Bakterien haben für die Holzzerstörungsprozesse keine wesentliche Bedeutung. Sie kommen, wie überall, so auch in der bearbeiteten Holzsubstanz vor und können hier bei ausreichender Feuchtigkeit vegetieren, eine vollständige Zersetzung des Holzes bewirken sie in der Regel nicht. Diese Aufgabe fällt unter den hier zu betrachtenden Verhältnissen einzig und all in den Fadenpilzen zu, die schon gestaltlich in ihren weit verzweigten Fadensystemen ganz besonders dafür angepaßt erscheinen, das starre Zellengerüst des Holzes nach allen Richtungen hin zu durchwachsen, während andererseits die weichen Zellverbände der höheren tierischen Organismen (mit ihren saftreichen Blutbahnen) der Verwesung durch die einzelligen leicht beweglichen Bakterien ganz vorzugsweise unterliegen.

Die fäulniserregenden Bakterien sind Flüssigkeits-Bewohner, die Fadenpilze mit wenigen Ausnahmen (Saprolegniaceen, Cystridiaceen, Hefen) Luft-Bewohner. Wenn nur die Fruchtkörper der Fadenpilze in die freie Luft hinauswachsen, die Myzelien dagegen in dem Substrat verbleiben, dann hat dies seinen Grund lediglich darin, daß die Myzelien nur in feuchtigkeitsgesättigten Lufträumen ungehemmt fortwachsen können; man sieht sie daher sofort aus dem Substrat heraustreten, wenn man dasselbe in eine feuchte Kammer bringt. Hier in der feuchten Luft können die zarten Hyphen des Myzeliums aber nicht selbständig den Raum durchwachsen; erst wenn man ein Netz aus Zwirnfäden ausgespannt oder sonstige Stützflächen darbietet, sieht man die Hyphen daran entlang den Luftraum durchwachsen. (Sie verhalten sich also wie die Schling- oder Rankengewächse, nur daß sie einen absolut feuchten Luftraum verlangen.) Das eigentliche Vegetationsgebiet der holzzerstörenden Myzelien sind somit die Grenzschichten zwischen festem Substrat und feuchter Luft, wie sie in idealer Vollkommenheit in dem Zellgerüst der grünen Pflanzen, insbesondere der Holzsubstanz, natürlich gegeben sind. Diese Holzzellen müssen also — wie dies bei feucht lagerndem Holz ja die Regel ist — feuchte Luft enthalten; wenn man sie aber mit Wasser füllt (bei längerer Lagerung in Wasser),

dann können die Fadenpilze nicht mehr in die Tiefe der Holzsubstanz eindringen. Das beweisen am besten die Jahrtausende alten Holzpfähle in den Pfahlbauten der Alpenseen, die zugleich dartun, daß die Bakterien unter diesen für sie günstigen Bedingungen das Holz nicht zersetzen können.

Die Fadenpilze nehmen mit Hilfe schlauchförmiger, meist gegliederter und viel verzweigter Fäden (Hyphen), deren Gesamtheit **„Myzelium"** genannt wird, ihre Nahrung aus dem geeigneten organischen Substrat auf und leiten sie in alle Teile des gesamten Pilzkörpers (Thallus) vornehmlich an diejenigen Stellen, wo Neubildungen oder Umbildungen im Gange sind. Hat dann das Myzelium einen gewissen Entwicklungszustand erreicht und sind in dem umgebenden Medium die geeigneten Bedingungen vorhanden, so tritt das fruktifikate System (= fruchtbildende Organe) des Pilzes in die Erscheinung und erzeugt die Fortpflanzungszellen, „Konidien" oder **„Sporen"** genannt, die dann die weitere Verbreitung des Pilzes übernehmen, indem sie unter geeigneten Bedingungen zu unzähligen Ausgangspunkten neuer vegetativer Fadensysteme werden. Sich von der (technisch verwertbaren) Holzsubstanz zu ernähren und letztere dadurch vollkommen zu zerstören, sind aber nur die am höchsten organisierten Pilze, die **Basidiomyzeten,** im stande.

Auch unter den Askomyzeten leben viele Arten auf totem Holz, unter diesen der hier anhangsweise behandelte Bläuepilz des Koniferenholzes, sie verbrauchen aber zumeist nur die Inhaltsstoffe der Zellen und lassen das Zellgerüst und die Festigkeit älteren Holzes unversehrt.

Schon im lebenden Baume und auf dem Waldboden wird das Holz von einer großen Reihe holzzerstörender Pilze befallen und zersetzt, doch können alle diese verschiedenen Zersetzungsprozesse hier nicht eingehend behandelt werden. Wir müssen uns vielmehr darauf beschränken, diejenigen Zersetzungsprozesse und ihre Erreger zu berücksichtigen, die das bereits gefällte und bearbeitete Holz befallen und sich dann vorzugsweise nach dem Verbau desselben entwickeln. Es sind dies die Erreger der sog. Schwammkrankheiten des Holzes, deren Bekämpfung das Ziel aller derjenigen Maßnahmen des Holzschutzes ist, welche in den folgenden Abschnitten dieses Buches ausführlich behandelt werden.

Was wir gemeinhin von den Basidiomyzeten beobachten und näher kennen, ist eigentlich nur das fruktifikative System oder die „Fruchtkörper". Diese treten in den mannigfaltigsten Formen auf, von einfachen krustenförmigen, mehr oder weniger auffallend gefärbten Überzügen des Substrates bis zu jenen hoch differenzierten Gebilden, die im Volksmund Pilze oder Schwämme genannt werden. Wie aber ihre Bezeichnung schon andeutet, dienen diese Fruchtkörper oder Schwämme nur der Fortpflanzung, indem sie die zur Verbreitung notwendigen Sporen erzeugen, zugleich sind es, wie wir sehen werden, Sporenverbreitungsapparate der besten Organisation. Für die eigentliche Zerstörung des Holzes jedoch kommen sie nicht in Frage. Diese Funktion übernehmen die vegetativen Organe des Pilzes, die Myzelien, welche aber verborgen in der Holzsubstanz leben, so daß es früher nur in vereinzelten Fällen gelungen war, sie genauer zu beobachten und zu beschreiben. Gleichwohl ist ihre genaue Kenntnis von der allergrößten Wichtigkeit, nicht allein,

weil gerade sie die holzzerstörende Tätigkeit ausüben, sondern auch deshalb, weil nur in seltenen Fällen bei einer vorliegenden Holzzerstörung die Früchte zugegen sind, und wir somit zur Diagnose und der auf diese sich stützenden Beurteilungen und praktischen Maßnahmen allein auf die Myzelien angewiesen sind.

Als im Jahre 1905 verschiedene preußische Ministerien eine Beratungskommission für Forschungen auf dem Gebiet der Hausschwammfrage ins Leben riefen, wurden von dieser Stelle in erster Linie Untersuchungen gefördert, welche das Studium der vegetativen Organe dieser Organismen zur Aufgabe hatten. Die in nunmehr 8jähriger Arbeit erzielten Ergebnisse dieser Studien sind in den seither erschienenen 7 Heften der amtlichen Hausschwammforschungen[1]) niedergelegt. Die folgende Behandlung des Themas beschränkt sich, dem Wunsch des Herrn Herausgebers entsprechend, im wesentlichen auf eine Darstellung der Ergebnisse eigener Arbeiten, soweit sie in den Hausschwammforschungen (im 1. 3, 6. und 7. Heft) bereits veröffentlicht sind. Nur der Abschnitt über die Bläue ist neu hinzugekommen. Die Zeichnungen, auch die neueingefügten Originale, habe ich meiner Frau und Mitarbeiterin bei diesen Untersuchungen zu danken, bei der Abfassung der Auszüge aus den genannten Heften der H. F. ist mein derzeitiger Assistent Herr Dr. Markowski mittätig gewesen.

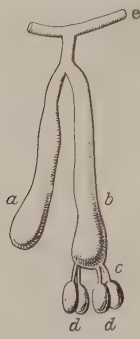


Abb. 28.

Basidien von Merulius domesticus: (schematisiert) a in der Entwicklung begriffen, b mit Sterigmen (c) u. Sporen (d), e fertiler Faden aus dem subhymenialen Gewebe

Vergr. ca. 300 fach. – Orig.

Das Studium der Basidiomyzetenmyzelien konnte nur so geschehen, daß die undurchsichtige und der Beobachtung daher schwer zugängliche Holzsubstanz durch künstliche und vollkommen durchsichtige Substrate ersetzt wurde, so daß auf diese Weise die ganze Entwicklung der holzzerstörenden Basidiomyzeten, von einer einzigen Spore ausgehend, durch alle Phasen hindurch bis zur Fruchtkörperbildung genau verfolgt werden konnte.

Wenn wir nun im folgenden den Entwicklungsgang eines jungen aus einer Spore hervorgegangenen Myzeliums bis zur Fruktifikation in seiner gestaltlichen Ausdifferenzierung und physiologischen Leistung verfolgen, so werden wir dadurch nicht allein das Verständnis des Aufbaues und der Organisation der holzzerstörenden Basidiomyzeten gewinnen, sondern es wird uns auch klar werden, daß schon ein aus winzigen, mikroskopisch kleinen Sporen herangewachsenes Myzelium imstande ist, beliebig große Holzmengen zu zerstören, und wir werden uns ferner einen Begriff davon machen können, in welch vollkommener Weise und relativ kurzer Zeitfrist die hier zu betrachtenden Pilze den Abbau des Holzes besorgen können, sofern nur eine Infektion zustande kommt und die für das Wachstum günstigen Bedingungen vorhanden sind.

Findet die Basidiomyzetenspore, ein einzelliges, ellipsoidisches Körperchen (d in Abb. 28), die entsprechenden Bedingungen vor, so tritt der Keimling an einer zumeist vorgebildeten Stelle durch die Wandung

[1]) Hausschwamm-Forschungen im amtlichen Auftrage herausgegeben von Prof. Dr. A. Möller, Verlag von Gustav Fischer in Jena.

und dringt in der Form eines relativ dicken Keimschlauches in das ihr dargebotene Substrat ein. Sehr bald nach seinem Austritt verästet und verzweigt sich dieser Keimschlauch (Abb. 29), die dünnen Verzweigungen verwachsen und kommunizieren mit den aus benachbarten Sporen hervorgegangenen, und es entsteht schließlich aus wenigen

Abb. 29 a. Keimende Sporen von Merulius domesticus, vier Tage nach der Aussaat in 2 % Phosphorsäurelösung (Tröpfchenkultur). Vergr. ca. 450 fach. — Orig.

Abb. 29 b. Photogr. Bild keimender Sporen von Merulius domesticus in saurer Asparaginlösung. Vergr. ca. 75 fach. — Orig.

solchen Sporen ein regelloses Netz von feinen Fäden, das sich im weiteren Verlauf der Entwicklung zu dem heranbildet, was man als den Vegetationskörper des Pilzes bezeichnet.

Bisher hat man nun diesen Vegetationskörper der Basidiomyzeten für ein einfaches morphologisches System gehalten, dessen Elementarorgane, die Hyphen, gleichartigen Bau zeigen und auch eine entsprechende einheitliche Funktion ausüben, wie dies für die Myzelien der einfachsten Pilze, der Phykomyzeten, beobachtet werden kann. Das eingehende Studium hat jedoch zu der Erkenntnis geführt, daß der Vegetationskörper der Basidiomyzeten aus verschiedenen Myzelsystemen zusammengesetzt ist, die sich in ihrem Bau und ihrer Funktion ähnlich spezialisiert haben, wie etwa die verschiedenen Gewebsysteme der höheren Pflanzen.

Ihrer zeitlichen Entstehung nach sind diese verschiedenen Myzelsyteme der Basidiomyzeten in 3 Gruppen einzuordnen, die als primäre, sekundäre und tertiäre bezeichnet werden.

α) Das primäre Myzelium.

Aus den Keimschläuchen der Sporen resp. aus dem Zusammenschluß mehrerer Keimschläuche entsteht ein feines vielverzweigtes Fadennetz, das primäre Myzelium, auch primäres Netzmyzel genannt. Dasselbe zeigt gegenüber den folgenden Myzelsytemen eine sehr geringe gestaltliche Differenzierung. Seine Fäden wachsen regellos durcheinander,

sie besitzen keine besondere Wachstumsorientierung, ihr Volum (Hyphendurchmesser) ist noch ein verhältnismäßig geringes. (Siehe Abb. 30.)

β) Die sekundären Myzelsysteme.

Mit dem weiteren Fortschritt des Wachstums zeichnen sich am äußeren Rande des primären Keimungsmyzeliums vereinzelte Myzelfäden durch stärkeres Volumen und geraden Verlauf des Wachstums aus (siehe Abb. 31) sowie durch eigenartige Organe, die man Schnallen (siehe Abb. 32) nennt. Beim weiteren Fortschritt der Entwicklung erfolgt dieser Übergang fast gleichzeitig bei allen in der Richtung nach dem freien Substrat hin zentrifugal fortwachsenden Fäden. Bei den meisten holzzerstörenden Pilzen tritt dieser Übergang auch makroskopisch markant hervor, besonders beim Hausschwamm, indem sich die voluminösen und schnallenreichen Myzelfäden als strahlendes Luftmyzelium in den umgebenden Luftraum erheben (Abb. 33). In anderen Fällen erfolgt dieser Übergang ohne makroskopisch sichtbare Veränderung des Myzelbildes. Das aus dem Keimmyzelstadium zum sekundären vegetativen Stadium übergegangene Myzelsystem umfaßt

a) das innere oder Substratmyzel und
b) das Oberflächenmyzel oder Befallsmyzel.

Abb. 30. Netzmyzel von Lenzites abietina 6 Tage nach der Sporenaussaat in festem durchsichtigem Nährsubstrat aus H. F. III. Vergr. 300fach.

a) Substratmyzel. Bei denjenigen holzzerstörenden Pilzen, die einen allmählichen, makroskopisch nicht sichtbaren Übergang aus dem netzförmigen Keimmyzel in das sekundäre Myzelium aufweisen, verbleiben die verhältnismäßig wenig erstarkten, aber mit jenen eigenartigen Schnallen versehenen Myzelfäden im Innern des Substrates. Das letztere wird gleichsam von innen her befallen, während die anderen Holzzerstörer, welche mit strahlenden Luftmyzelien den Übergang ins sekundäre

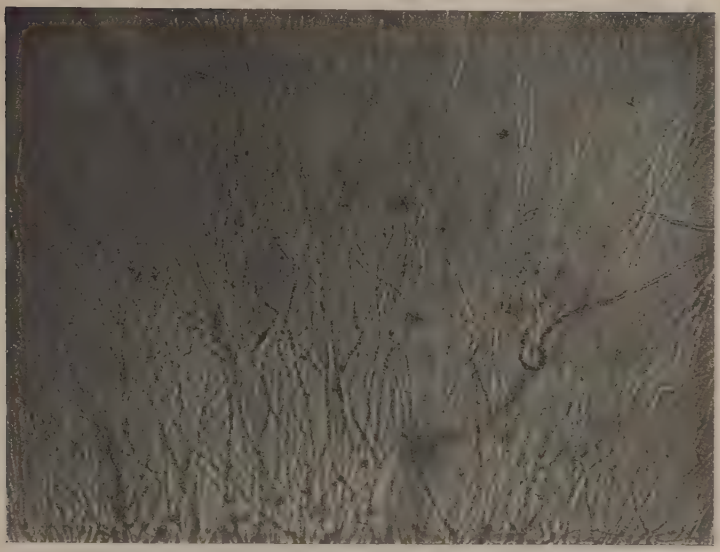


Abb. 31. Übergang des primären zum sekundären Myzel bei Merulius domesticus: Das Auswachsen der schnallenführenden Hyphen am Rande der Kolonie. Objektglaskultur aus Sporen. Vergr. ca. 300 fach. — Photogr. Orig.

Abb. 32. Fadenausschnitt mit Schnalle. Vergr. ca. 500 fach. — Orig.

Abb. 33. „Strahlendes" Auswachsen des Oberflächenmyceliums aus Holzstücken, die vom Substratmyzel des Hausschwammes befallen sind. Photogr. Orig.

Myzelsystem markieren, vermittels dieser Lufthyphen ihr Substrat von der Oberfläche her angreifen. Dieses verschiedenartige Verhalten hat auch einen wesentlichen Unterschied in der weiteren Ausbreitungsart der sekundären Myzelien im Gefolge. Während die Oberflächenmyzelien der Oberfläche des Substrates in ihrem weiteren Wachstum folgen, sich also flächenartig ausbreiten, sind die Substratmyzelien durch kubisches Wachstum ausgezeichnet, d. h. sie dringen ohne Beziehung zur Oberfläche direkt in die Holzsubstanz und gleichmäßig nach allen Richtungen des Raumes vor. Allerdings macht sich auch hier ein gewisser Einfluß der Holzstruktur auf die Wachstumsrichtung der Substratmyzelien geltend, indem die Hyphen den Längsverlauf der Holzfasern bei ihrem Wachstum bevorzugen, da sie hier erheblich geringerem Widerstand begegnen, als in der Richtung quer zu den Holzfaserzellen, doch ist dieser Einfluß bei dem reinen Substratmyzel ein geringer. In seiner morphologischen Struktur schließt das Substratmyzel unmittelbar an das primäre Netzmyzel an. Von letzterem unterscheidet es sich lediglich durch den Besitz von Schnallen und in einzelnen Fällen noch anderen eigenartigen Differenzierungen (Medaillons, die bei der speziellen Betrachtung der Holzzerstörer noch näher beschrieben werden), sowie durch seine dem Zellbau der Holzsubstanz angepaßte Wachstumsorientierung. (Abb. 34.)

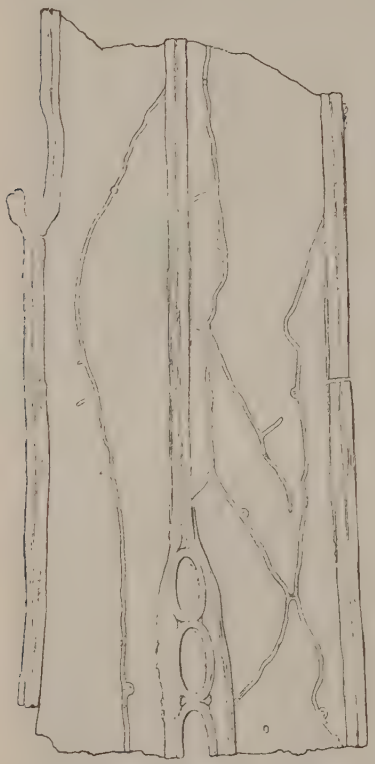


Abb. 34. Substratmyzel von Merulius domesticus in befallenem Holz. Tangentialer Längsschnitt aus H. F. VI.
Vergr. ca. 600fach.

b) Das Oberflächenmyzel umfaßt diejenigen Myzelien, die wir in ihren makroskopisch sichtbaren Verbänden bei den Basidiomyzeten vorzugsweise beobachten. Es ist die bisher fast ausschließlich studierte Myzelform und die Angaben, welche in der Literatur über die makroskopisch sichtbaren Myzelien der Holzzerstörer gemacht werden, können fast durchgehend auf diese Myzelform bezogen werden. Durch folgende Charaktere ist das Oberflächenmyzel ausgezeichnet:

1. Es tritt eine Differenzierung in Haupt- und Nebenfäden ein. 2. Die Hauptfäden sind in bestimmten Richtungen, meist in großer Zahl, gleichsinnig nebeneinander gestellt, setzen das Längenwachstum gradlinig weiter fort und besitzen eine bestimmte durch die Verhältnisse des Substrates bedingte Wachstumsorientierung; kein regelloses Ineinanderwachsen der Haupt- und Nebenfäden. Wo sich zwei Myzelverbände in ihren Richtungen kreuzen, verflechten sie sich nicht etwa netzartig, wie die primären Keimungsmyzelien, sondern grenzen zunächst ihr Befallsgebiet gegeneinander ab. 3. Die Hauptfäden erreichen in ihren wachsenden Spitzen das spezifische (größte) Volumen, mit welchem die betreffende Art das Längenwachstum fortsetzt. Dieses Volum ist ein für die betreffende Art fixiertes[1]). 4. In bestimmten Entfernungen

Abb. 35. Das Myzelium des echten Hausschwammes befällt in der Richtung von links nach rechts ein älteres Dielenbrett, rechts die Endzone des Myzelwachstums, nach links (rückwärts) beginnt die Ausdifferenzierung der Stränge. Etwas verkl. Orig.

von der fortwachsenden Spitze der Hyphen werden Scheidewände, Schnallen und Verzweigungen angelegt, die eine regelmäßige Gliederung des Fadens in Knoten (Nodien) und Zwischenstücke (Internodien) zur Folge haben. Unmittelbar nach oder mit der Scheidewand entstehen die Schnallen und in einer noch weiter nach rückwärts gelegenen Zone wächst an der nach vorn gerichteten Seite jeder Schnalle ein Seitenfaden aus, welcher im spitzen Winkel ansetzt und ebenfalls gradlinig in der

[1]) Ein Organ von fixierter Größe ist ein solches, dessen Größenausbildung durch äußere Faktoren (Ernährung, Temperatur usw. außerhalb der Hemmungsgrenze) nicht beeinflußt und nur innerhalb so geringer Grenzen variabel ist, daß eine oder wenige Messungen einen verallgemeinerungsfähigen Wert ergeben.

Hauptrichtung des Mutterfadens fortwächst. 5. Die Nebenfäden haben ein reduziertes Volumen, können aber auch ihrerseits Schnallen und Verzweigungen in derselben Art ausbilden und bei geeigneter Ernährung unter Volumvergrößerung zu Hauptfäden heranwachsen.

Abb. 36a. Strangbildung von Merulius silvester auf der Unterseite eines Balkens von einem Holzplatz.

γ) Die tertiären Myzelsysteme.

Die Haupt- oder Stammhyphen des Oberflächenmyzels mit ihren regelmäßigen Schnallen und Verzweigungssystemen sind nun aber keine definitive Bildung, sondern sie sind zu weitgehenden späteren Umgestaltungen und Differenzierungen befähigt. Bei den niedriger stehenden und daher viel einfacher organisierten Phykomyzeten behalten die Myzelien zeitlebens ihre ursprüngliche Gestalt bei. Im Gegensatz hierzu erfahren die Haupt- oder Stammhyphen weitgehende Umbildungen, durch welche das ursprüngliche aus gleichmäßigen und vereinzelten Hyphen gebildete Befallsmyzel in ein kompliziertes Gewebsystem, die Myzelstränge, nachträglich zusammengezogen wird. (Abb. 35.)

Abb. 36 b. Vollständig ausdifferenzierte Stränge des echten Hausschwammes von der Unterseite eines Balkens. Aus einem infizierten Hause.
Orig. stark verkleinert.

Schon die makroskopische Betrachtung des Oberflächenmyzels lehrt, daß hier nachträglich tiefgreifende Veränderungen vor sich gehen, indem die ursprünglich in gesetzmäßiger Gleichmäßigkeit an der Oberfläche ausgebreiteten Verzweigungssysteme nach rückwärts Differenzierungen erfahren, die einen strangförmigen Zusammenschluß der Myzelien zur Folge haben. Unter günstigen Entwicklungsbedingungen ist dieser Zusammenschluß ein so vollkommener, daß die einzelnen Myzelien vollständig verschwinden und an ihrer Stelle das in Stränge zusammengeschlossene Speicher- und Leitungsgewebe auftritt. (Abb. 36a u. b.) Je üppiger und mächtiger der Belag des Oberflächenmyzels ausgebildet war, desto umfangreicher ist auch die Strangbildung, so daß man aus der

Dicke eines Stranges auf die Üppigkeit des vorangegangenen Myzelbelages rückschließen kann. Während so die ursprünglichen Stammhyphen (Abb. 37 a) verschwinden, entsteht bei diesen sekundären Differenzierungen aus dem gesetzmäßig aufgebauten Oberflächenmyzelium ein gänzlich umgestaltetes neues Fadengewebe mit den folgenden neuen Elementen:

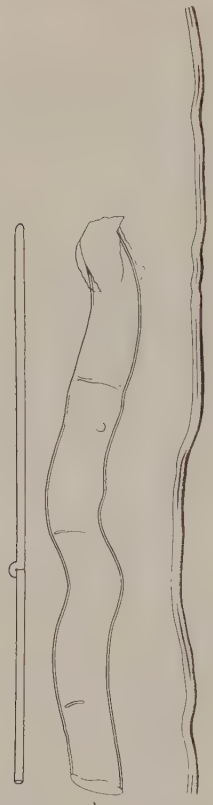


Abb. 37 a—c. Myzel- und Strangelemente. Mikroskop. Orig.
a Fortwachsendes Ende einer Stammhyphe des Oberflächenmyzels (von Merulius minor). b Gefäßhyphen mit Balken von M. domesticus. c Strangfaserhyphe (von M. domesticus).

a) Die Gefäßhyphen (Abb. 37 b) mit stark erweitertem Lumen, streckenweise aufgelösten Scheidewänden und verstärkten Membranen als die eigentlichen Elemente des Strangsystems. (Diese Röhren sind vielleicht den Siebröhren der höheren Pflanzen zu vergleichen, da sie höchstens plasmatischen Inhalt führen, in der Regel werden sie vollständig inhaltsleer angetroffen.)

b) Die Faserelemente (Abb. 37 c) mit stark verengtem Lumen oder vollständig lumenlos als Schutz- und Festigungsorgane, besonders zahlreich in den äußeren Schichten der Stränge vorhanden.

Hervorzuheben ist, daß diese neuen Elemente in den Strängen keine Schnallen mehr haben, daß bei der Umbildung zu den Strängen vor allem die schnallenreichen Haupt- und Nebenhyphen beteiligt sind und daß die Schnallen selbst hierbei in erster Linie umgebildet werden. Sie offenbaren hier also ihre besondere Bedeutung bei den Umbildungsprozessen zu den tertiären Systemen, denn alle Basidiomyzeten, die kein schnallenführendes Oberflächenmyzel bilden, lassen auch jede Strangbildung vermissen, z. B. die Myzelien von Trametes pini, Polyporus sulphureus etc.; desgleichen die schnallenlosen Myzelien der Phykomyzeten und der Askomyzeten.

c) Bildende Fäden. Aus den letztgenannten Gründen werden alle lebenden schnallenführenden Hyphen, die sich besonders in jüngeren Strängen vorfinden, als bildende Fäden bezeichnet, weil sie als die Träger weiterer Umbildungen und der fortlaufenden Lebensprozesse überhaupt im Innern der Stränge angesehen werden. Auch das vegetative Aus-

wachsen der Stränge zu dichten Bündeln typischen Oberflächenmyzels (vgl. Abb. 33) ist auf die besonders in den Rindenschichten der Stränge zahlreich vertretenen oft gewebsartig verflochtenen bildenden Fäden zurückzuführen. Hervorzuheben ist schließlich noch, daß sie im allgemeinen nicht das gradlinige Wachstum, die volle Volumgröße, die regelmäßige Knotenbildung und Membranenbeschaffenheit weißglänzende infolge isolierender Luftschichten) besitzen, wie die Haupthyphen des Oberflächenmyzels.

δ) Das fruktifikative Myzelium.

A. Elementare Zusammensetzung.

Das fruchtbildende Hyphengewebe gehört in der Regel dem tertiären Myzelsystem an, da es sich immer erst aus den vorangehenden sekundären Myzelverbänden bilden kann. Auch hier ist es das sekundäre Oberflächenmyzel, welches unmittelbar zur Fruchtbildung übergeht.

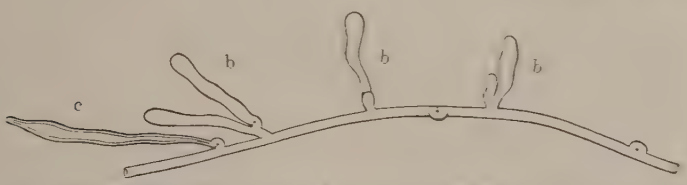


Abb. 38. Fertiler Faden aus der hypochnoiden Frühkörperformation von Lenzites abietina. Erkl. im Text. Aus H. F. III. Vergr. 350fach.

während Stränge und Substratmyzelien zunächst immer erst Oberflächenmyzel bilden. Die Elemente, welche die Fruchtkörper zusammensetzen, sind die folgenden:

1. Die fertilen Fäden: sie sind die Grundelemente des Hymeniums und der Basidienfrucht überhaupt. Aus ihnen sprossen die Basidien. (Abb. 38.)

2. Die Plattenfasern bilden die Grundelemente der Fruchtkörperplatte. Da die Platte in den Früchten auch fehlen kann, sind die Plattenfasern keine notwendigen Elemente der Basidienfrucht. Sie zeigen oft bestimmte gestaltliche Differenzierungen und haben dann besonderen diagnostischen Wert. (Abb. 39.)

3. Die bildenden Fäden, welche im Grundgewebe sowohl der Platten wie des Hymeniums verlaufen. Sie tragen Schnallen und sind zu allen Neu- und Umbildungen befähigt. Sie vermitteln die Nahrungszufuhr und dienen der Neubildung fertiler Fäden und der Zuwachselemente.

Die fertilen Fäden als die wichtigsten Elemente der Basidienfrucht zeigen gegenüber den Haupthyphen des Oberflächenmyzels folgende Merkmale: Die Schnallen werden hier nicht wie bei den Stammhyphen des Oberflächenmyzeliums und den ihnen ähnlich gestalteten „bildenden

Fäden" in bestimmter Entfernung vom fortwachsenden Fadenende nacheinander, sondern im Verlauf weiterer Fadenstrecken gleichzeitig nebeneinander angelegt, und befinden sich in etwa gleichen Entwicklungsstadien. (Abb. 38.) Auch die Abzweigung der Seitenäste erfolgt nicht in weiter, zeitlicher und räumlicher Folge, sie werden vielmehr in größerer Zahl gleichzeitig nebeneinander ausgebildet. Die Zweige letzter Ordnung haben die charakteristische keulenförmige Gestalt der Basidien (38 b), sie können aber auch zu Zystiden (38 c) ausgebildet werden.

Abb. 39. Plattenfasern aus der Fruchtkörperplatte von Merulius domesticus.

a kurze Faser mit beiderseits ansitzenden Mutterfaden, oben unverdickte, unten differenzierte Schnalle. b Faser mit Fußzelle. c ohne Teilnahme einer Schnalle ausdifferenzierte Faser, unten mit ösenartig erweitertem Lumen und selbständig differenzierter Schnallenzelle, oben offenes Lumen. Aus H. F. VI.

Der fertile Hauptfaden hat zuvor sein Längenwachstum eingestellt und geht an seinem Ende meist ebenfalls zur Basidienbildung über im Gegensatz zu dem unbegrenzten Längenwachstum der Haupt- oder Stammhyphen des Oberflächenmyzels. Diese Begrenzung ist eine so gleichmäßige, daß Haupt- und Seitenzweige ihr Längenwachstum etwa in gleicher Höhe beenden (palisadenartige Anordnung der basidialen Schicht des Hymeniums).

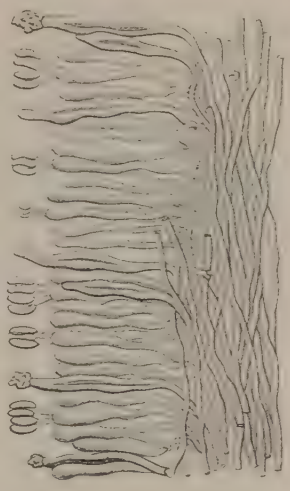
B. Das Hymenium.

An der Bildung des Hymeniums, der eigentlichen Fruchtschicht der höheren Basidiomyzeten, sind nicht allein sporenbildende Basidien beteiligt, sondern es treten auch andere nicht sporentragende Seitenzweige der fertilen Fäden in derselben räumlichen Orientierung wie die Basidien in das Hymenium über. In ihrer Form gleichen die sterilen Zweigfäden den Basidien vollkommen und nur durch das Fehlen der sporentragenden „Sterigmen" sind sie von letzteren unterschieden. Ebenfalls sterile Zweigfäden im Bereich des Hymeniums sind die „Zystiden" oder Schläuche, welche sich durch größeren Umfang, meist stark verdickte Membran, zugespitzten Scheitel oder andere gestaltliche Charaktere von den übrigen Elementen des Hymeniums auszeichnen (Abb. 38).

Die unter der basidialen Schicht verlaufenden fertilen und sterilen Fäden tragen in ihrer Gesamtheit die Bezeichnung subhymeniale Schicht oder Subhymenium. (Siehe Abb. 40.)

C. Die Basidie.

Das fruktifikative Grundorgan der Fruchtkörper ist die Basidie. Da nun die Hymenophoren (s. Abb. 46) infolge ihrer positiv geotropischen Wachstumsrichtung stets vertikal nach unten gerichtet und in dieser Stellung an der darüber befindlichen Substratfläche bzw. Fruchtkörperplatte inseriert sind, so ist dadurch eine vollkommen horizontale oder abwärts geneigte Lage der Basidien bedingt, so daß die letzteren mit ihrem sporenbildenden Scheitel wenigstens seitlich an einen nach unten freien Luftraum angrenzen.



a b

Abb. 40. Querschnitt durch das fruchtende Hymenium von Lenzites abietina.

a Hymenium aus Basidien und Zystiden. b Subhymenium aus fertilen Fäden und Fasern gebildet. Aus H. F. III.

D. Die Basidiensporen.

Jede Basidie bildet nun auf ihrem keulenförmig verbreiterten Scheitel in regelmäßiger Anordnung (Abb. 28) 4 lang hervorgestreckte spreizende und fein zugespitzte Träger die „Sterigmen", an deren äußerster Spitze je eine Spore, die „Basidienspore" gebildet wird. Die Sterigmen heben somit die Sporen über die Oberfläche des Hymeniums hinaus, so daß sie freischwebend und vereinzelt in den angrenzenden Luftraum hineinragen (Abb. 40a). Die Basidiensporen werden stets in bestimmter Zahl und Anordnung und an bestimmtem Orte (Abb. 28) ausgebildet. Dadurch erhält die Spore und jeder ihrer Teile eine bestimmte räumliche Orientierung und einen entsprechenden symmetrischen Bau. Im allgemeinen liegt ihrer Form ein Ellipsoid zugrunde.

Während der Vegetationskörper und die Fruchtkörper der Basidiomyzeten Organe sind, deren Größenausbildung in weiten Grenzen, etwa 1 : 1000, schwankt, je nachdem die Ernährungsbedingungen günstig oder ungünstig sind, bilden die Basidiomyzeten und die höheren Organismen überhaupt andererseits Organe, die bald eine für die betreffende Art gleichbleibende (fixierte), also spezifische und somit auch zur Diagnose verwertbare Größenausbildung erreichen. Schon bei der Betrachtung des Oberflächenmyzels begegneten wir solchen Organen, die einen fixierten Wert erreichen, das waren die Durchmesser (Volumina) der Stammhyphen des Oberflächenmyzels, hinter den fortwachsenden Spitzen gemessen. Auch das Volum der Sporen bringt eine solche quantitativ

fixierte Elementargröße der betreffenden Art zum Ausdruck, und zwar können wir messen die beiden Querdurchmesser, den lateralen von Seitenfläche zu Seitenfläche im Sporenquerschnitt verlaufenden und den dorsiventralen, d. h. Bauch- und Rückenfläche verbindenden Querdurchmesser sowie die Sporenlänge. Die Sporenlängen zeigen etwas größere Variationen, so daß zu ihrer Bestimmung der Mittelwert mehrerer Einzelmessungen erforderlich ist. Damit wir die Sporen bei stärksten Vergrößerungen messen können, werden sie in einer alsbald erstarrenden

Abb. 41. Typen des Hymenials holzzerstörender Basidiomyzeten.
Faltenformation von Merulius domesticus (Krustenfrucht in Reinkultur gebildet). Orig. nat. Gr.

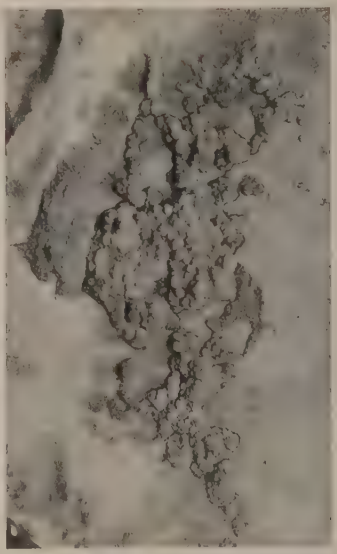


Abb. 42. Typen des Hymenials holzzerstörender Basidiomyzeten.
Konusformation von Coniophora cerebella (Krustenfrucht in Reinkultur gebildet). Orig. nat. Gr.

dünnen Gelatinelösung eingeschlossen, um sie in bestimmter Lage zu fixieren. Für die Messungen werden die möglichst wagerecht gelagerten Sporen ausgewählt.

E. Fruchtkörperformen.

Bei den einfachsten und im System am niedrigsten stehenden Basidiomyzeten bilden die basidientragenden fertilen Fäden lockere schimmelartige Überzüge unmittelbar auf der Oberfläche des Substrates. Die höhere Ausgestaltung hat ihren Sinn darin, daß es dem Organismus darauf ankommt, auf einer gegebenen Substratfläche von geeigneter räum-

licher Lage möglichst viele Basidien so anzuordnen, daß jede Spore frei abfallen und in den umgebenden Luftraum verbreitet werden kann. Dies wird zunächst dadurch erreicht, daß die fertilen Fäden sich so dicht wie möglich zusammenschließen und ihre basidialen Endverzweigungen in dichter palisadenförmiger Anordnung zusammenstellen. (Abb. 40.). Erst diese Formation trägt die Bezeichnung Hymenium. Sind die Hymenien unmittelbar auf dem Substrat gewachsen und in ihrer

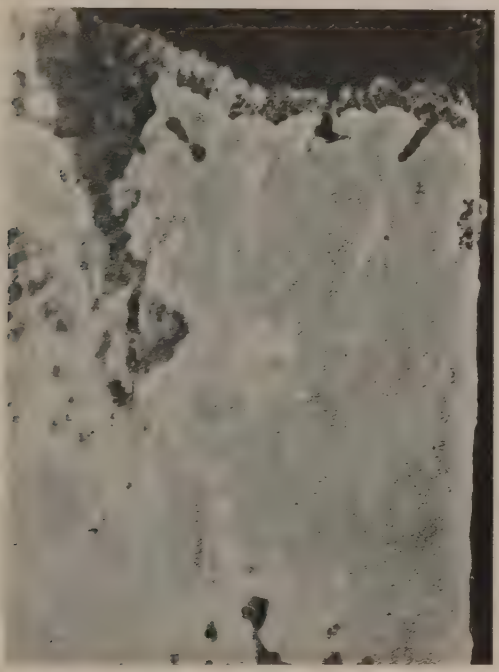


Abb. 43. Typen des Hymenials holzzerstörender Basidiomyzeten. Porenformation von Polyporus vaporarius (Krustenfrucht auf der Unterseite eines Brettes gebildet). Orig. nat. Gr.

räumlichen Orientierung ganz an dieses gebunden, so haben wir die sog. „Krustenformation" vor uns, die vielen holzzerstörenden Basidiomyzeten eigen ist (Corticium). Ein weiterer Fortschritt ist die Bildung der in ihren Elementen bereits beschriebenen Fruchtkörperplatte, welche die Hymenialschicht selbsttätig in der Form von Konsolen, Hüten usw. räumlich so zu lagern und zu orientieren vermag, daß eine totale Verbreitung der Basidiensporen möglich ist. Die Fruchtkörperplatte ist daher für Richtung gebende Naturkräfte, insbesondere für den Schwerkraftsreiz

sensibel. Diese Platten wachsen dem Substrat nur soweit an, als dasselbe richtig orientierte Flächen selbst darbietet, sie wachsen dann aber in mehr oder weniger scharf gerichteten wagerechten Flächen selbständig darüber hinaus. (Plattenformation.)

An der Unterseite der Krusten und Platten treffen wir dann die weitere Ausdifferenzierung des Hymenials (s. u.) in der Form von Falten (Abb. 41), Warzen (Abb. 42), Stacheln, Poren (Abb. 43 u. 44) und Lamellen (Abb. 45), die, vom Hymenium bekleidet, eine noch erheblich gesteigerte Ausnutzung der gegebenen Raumflächen für die Sporen-

Abb. 44. Typen des Hymenials holzzerstörender Basidiomyzeten. Gängeformation von Daedalea quercina auf der Unterseite eines befallenen Eichenbalkens. (Steht der Lenzitesformation sehr nahe.) Orig. nat. Gr.

bildung und Verbreitung ermöglichen. Diese Differenzierungen werden, sofern sie eine für die betreffende Art bestimmte Gestaltung aufweisen, als Hymenienträger oder Hymenophoren und in ihrer Gesamtheit als Hymenial (= Hymenophorensystem) bezeichnet. Die 3 Haupttypen der Hymenophoren sind in den drei Bildern der Abb. 46 schematisch dargestellt, dabei mögen die drei im Verhältnis zu den Hymenophoren übertrieben groß gezeichneten Basidien das Hymenium kennzeichnen. Typ a) soll die Differenzierung in Stacheln, Warzen und Falten, Typ b) diejenigen in Lamellen oder Blätter und Balken, Typ c) Poren und Gänge darstellen.

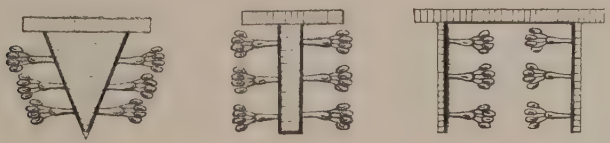
Hiernach werden folgende Familien bzw. Gattungen der Basidiomyzeten unterschieden:

1.	Konusträger (a):	Gattung Coniophora.
2.	Faltenträger (a):	Gattung Merulius.
3.	Stachelträger (a):	Familie Hydnaceen.
4.	Balkenträger (b):	Gattung Lenzites.
5.	Blätterträger (b):	Agaricineen.
6.	Röhrenträger (c):	Polyporeen.

Alle bisher aufgeführten Fruchtkörpertypen können nun, soweit sie keinen eigenen Stiel besitzen, der sie von der Lage des Substrates unabhängig macht, verschiedenartig am Substrat orientiert sein. In den oben beschriebenen einfachsten Fällen liegen sie flach dem Substrat an und sind dann aber nur auf die Unterseite desselben beschränkt. Nur die mit Fruchtkörperplatten ausgestatteten Formen kommen auch an den Seiten und Oberflächen in Form von Konsolen, Trichtern usw. zur normalen Entfaltung. Bei allen diesen Typen herrschen daher feste Beziehungen zwischen der äußeren Formgestaltung der Fruchtkörper und der räumlichen Lage der Bildungsfläche, und zwar haben die Früchte stets das Bestreben, sich derart am Substrat zu inserieren, daß ein durch positiven Geotropismus vertikal nach unten gerichtetes Wachstum der Hymenophoren ermöglicht wird. Ein der Unterseite eines Balkens angewachsener

Abb. 45. Typen des Hymenials holzzerstörender Basidiomyzeten.

Blätter und Balken-Formation (angewachsene Plattenfrucht von Lenzites betulina, auf der Unterseite eines Balkens gebildet). Orig. nat. Gr.



a b c

Abb. 46a—c. Typen der Hymenophore bei den Basidiomyzeten (schematisch dargestellt mit stark vergrößert eingezeichneten Basidien).

a Stachellängsschnitt bei den Stachelpilzen oder Hydneen. b Blattlängsschnitt bei den Blätterpilzen Agarizineen. c Röhrenlängsschnitt bei den Röhrenpilzen oder Polyporeen. Orig.

Fruchtkörper vermag dies ohne weiteres, während die auf der Oberseite oder an den Seitenflächen des Balkens gebildeten ihre Sporen nicht oder nur unvollkommen verbreiten können. Sie überwinden hier die Schwierigkeiten der Lage in der Weise, daß sie an den Seitenflächen Konsolen, Muscheln oder Leisten, an den Oberflächen Trichter oder gestielte Hüte bilden, die eigene Unterseiten für das Hymenium und die Hymenophore darbieten.

b) Allgemeine Biologie der holzzerstörenden Basidiomyzeten.

Wie vollzieht sich nun die Entwicklung der holzzerstörenden Basidiomyzeten von ihren Sporen an bis zur Fruktifikation? Diese Frage ist gleichbedeutend mit der anderen: Welche Bedingungen ermöglichen und begünstigen die Infektion, den Befall und die Zerstörung der Holzsubstanz in der freien Natur? Denn die einzelnen Bedingungen, die wir im Laboratorium für das Wachstum und die Lebenstätigkeit eines Organismus überhaupt durch planmäßig vorgenommene Versuche auffinden, ermöglichen uns sehr wohl einen Rückschluß auf das Verhalten des Organismus in der freien Natur, indem wir im Laboratorium analytisch die Einflüsse der einzelnen Komponenten studieren, die in der freien Natur auf den betreffenden Organismus zusammen einwirken. Die voraufgehend gegebene Beschreibung der Basidiomyzeten-Fruchtkörper und die hier folgenden Abschnitte werden uns die Überzeugung gewinnen lassen, daß diese Früchte mit ihren hochentwickelten Hymenien Sporenverbreitungsorgane der vollkommensten Art sind. Lebensfähige Infektionskeime sind deshalb zur Zeit der Fruchtkörperreife so allgemein in der Atmosphäre verbreitet, daß die Infektion der Holzsubstanz an jedem Orte ihres natürlichen Vorkommens vollkommen gesichert erscheint. Wenn man ferner in Betracht zieht, daß — wie wenigstens für zwei verschiedene holzbewohnende Basidiomyzeten in künstlicher Reinkultur nachgewiesen worden ist — von einer, bezw. wenigen Sporen Myzelien von unbegrenztem Umfange und eine entsprechend ausgiebige Fruchtkörperbildung erzielt werden kann, so leuchtet ein, daß die vollständige Zerstörung einer beliebig großen Holzsubstanzmenge von wenigen mikroskopisch kleinen Basidiomyzetensporen ihren Ausgang nehmen kann. Die Weiterentwicklung der aus der Spore herangewachsenen Basidiomyzetenmyzelien ist nun im wesentlichen von drei äußeren Faktoren abhängig:

1. von der geeigneten Temperatur,
2. dem genügenden Luftgehalt (System von Grenzschichten) und
3. einem bestimmten Wassergehalt der Holzsubstanz und der dasselbe umgebenden und füllenden Atmosphäre.

Besonders der letztgenannte Faktor ist ein sehr ungleichmäßig und verschiedenartig gegebener und kommt für den Prozeß der Holzzerstörung ausschlaggebend in Betracht. Bleibt die Holzsubstanz unter dauernder Wasserzufuhr (etwa in Berührung mit dem feuchten Erdboden), dann geht die Holzzerstörung ununterbrochen vonstatten. Andererseits kommt sie zum Stillstand, wenn der Wassergehalt unter ein bestimmtes Maß herabsinkt. Und so beruht auch die ganze Technik

der Holzverwertung darauf, daß die Holzsubstanz an der Luft fast alles Wasser abgibt, und sich in diesem lufttrockenen Zustand unverändert erhalten läßt. Dieser eine notwendige Faktor für die Entwicklung der Holzverwesungsorganismen muß aber dauernd ausgeschaltet werden, wenn die technisch verwertbare Holzsubstanz erhalten bleiben soll.

Die Bedingungen, unter welchen sich die holzzerstörenden Basidiomyzeten entwickeln und die Gesetze, die ihre Entwicklung und damit die Holzzerstörung beherrschen, sollen im folgenden näher behandelt werden

α) Biologie der Sporenverbreitung.

Sie beruht auf der Leistung der Basidie, dem Grundorgan der Basidiomyzeten. Die Basidie erhält durch die Organe, welche sie zu tragen bestimmt sind, eine bestimmte räumliche Orientierung, und zwar finden wir sie stets in solchen horizontalen oder mit dem Scheitel mehr oder weniger senkrecht nach unten gerichteten Stellungen, daß die von ihnen gebildeten Sporen in einen nach unten freien Luftraum hineinragen. Da die Basidienscheitel in ihrer dichten Zusammenordnung eine feste Fruchtoberfläche bilden, sind die feinen Sterigmen, an welchen die Sporen sitzen, dazu bestimmt, sie über die Fruchtschicht des Hymeniums hinauszuheben, so daß sie also freischwebend und vereinzelt über dem genannten Luftraum zur Ausbildung gelangen. Sobald die Spore reif geworden ist, wird sie einzeln abgestoßen, indem die Sterigmenspitze aufplatzt und die an ihr gebildete Spore mit einer gewissen Kraft eine Strecke weit in der Richtung des Basidienwachstums fortschleudert. Nach dieser aktiven Wurfbewegung, welche die Sporen aus dem Bereich der hymenienbildenden Flächen herausbefördert, fallen sie, der Schwerkraft folgend, in den darunter befindlichen freien Luftraum, und gelangen so aus dem Hymenial des Fruchtkörpers in die umgebende Atmosphäre. So finden nun die genaue lotrechte Einstellung und der gesamte Bau der Hymenophoren und des Basidienfruchtkörpers, die im voraufgegangenen morphologischen Teile beschrieben wurden, ihre physiologische und biologische Erklärung.

Sind die Sporen in den unterhalb der Fruchtkörper befindlichen Raum gelangt, so werden sie alsbald von den dort herrschenden Luftströmungen mehr oder weniger gleichmäßig in den umgebenden Luftraum verteilt. Es ist allerdings wesentlich, daß 1. die Luftströmungen ausreichend stark sind, daß 2. unterhalb des Hymeniums ein genügend großer Fallraum vorhanden ist. Zum Transport der Sporen sind bereits die durch geringe Temperaturdifferenzen erzeugten für unser Gefühl und selbst für Meßapparate nicht mehr wahrnehmbaren „Temperaturströmungen“ ausreichend. Ist der vorhandene Fallraum zu niedrig, so setzen sich die Sporen auf der unmittelbar unter dem Fruchtkörper befindlichen Fläche ab. Die Sporenverbreitung war aber in Versuchen auch dann noch eine vollständige, wenn der Fallraum nur 1 cm hoch ist, die darunter befindliche Fläche aber eine gegen die Umgebung nur um wenige Grade höhere Temperatur aufwies. Am genauesten studiert ist die Sporenverbreitung beim echten Hausschwamm; es kommt hier be-

sonders in Betracht, daß die Fruchtkörperbildung zumeist in Kellern oder Erdgeschoßräumen im Spätsommer, Herbst und Winter erfolgt, also zu einer Zeit, in der diese Räume durchschnittlich etwas höher temperiert sind als die freie Atmosphäre. Aus den geöffneten Fenstern treten dann die Meruliussporen ununterbrochen und in großen Mengen in die freie Atmosphäre.

Um eine Vorstellung zu gewinnen, wie viele Sporen auf diesem Wege in die Atmosphäre gelangen, mögen hier einige Zahlen angeführt sein. Ein normal gebildeter Meruliusfruchtkörper wirft an seinem Standorte von einer Fläche von 0,5 qmm in 5 Minuten Tag und Nacht ganz gleichmäßig: an den jüngsten Stellen des Faltenhymeniums 60, an den älteren Teilen mit mittlerer Differenzierung 150 und an den Stellen der höchsten Ausbildung 200 vereinzelte Sporen ab, von denen jede unmittelbar verbreitungsfähig ist (vgl. Falck, Sporenverbreitung H. F. VI. S. 219). Wenn man nun bedenkt, daß in einem schwammkranken Hause quadratmetergroße Fruchtkörper nicht selten an den Kellerdecken gebildet werden und daß die Fruktifikation mehrere Monate ununterbrochen andauert, dann erhält man eine Vorstellung, welche ungeheure Menge von Sporen ein einziges Haus in die umgebende Atmosphäre auszustreuen vermag. Man wird demnach annehmen können, daß, wenn nur ein sehr geringer Prozentsatz von schwammkranken fruktifizierenden Häusern vorhanden ist, die Luft in den Städten überall Sporen enthalten kann. Es kann deshalb auch nicht wundernehmen, wenn die ganz freiliegenden Hölzer in Neubauten, auf Holzplätzen usw. in der Regel infiziert werden und damit in Zusammenhang die Beobachtungen gemacht werden können, daß in schwammkranken neueren Häusern der Pilz an verschiedenen Stellen zugleich auftritt.

β) Physiologie der Sporenkeimung und Infektion.

Die in die Atmosphäre verbreiteten Basidiomyzetensporen setzen sich auf allen horizontalen Flächen, die sich im Raume darbieten, ab. Gelangen sie dabei auf geeignetes Substrat und unter geeignete Bedingungen, so keimen sie aus. Vor allem ist die Anwesenheit genügender Feuchtigkeit für das Zustandekommen der Keimung unbedingt erforderlich. Wie Versuche ergeben haben, ist es aber durchaus nicht notwendig, daß diese Feuchtigkeit in Form flüssigen Wassers wie etwa in einem Feuchtigkeit enthaltenden Nährsubstrat zugegen ist. Die Basidiomyzetensporen keimen bereits, wenn sie sich auf einem Substrat befinden, das von einem feuchtigkeitsgesättigten Luftraum umgeben ist. Daß vor allem geschlossene Lufträume wegen des hinsichtlich der Feuchtigkeitssättigung herrschenden Gleichgewichtszustandes für die Keimung der Sporen günstig sind, leuchtet ohne weiteres ein und ist auch durch die Versuche verschiedentlich nachgewiesen. Dies ist besonders wichtig, weil ja in der Natur solche wasserdampfgesättigten Lufträume weit häufiger als flüssiges Wasser, unter gewissen Verhältnissen fast ausschließlich, in Frage kommen. Das natürliche Keimungsmedium, die Holzsubstanz, muß aber gleichfalls im „luftfeuchten" Zustande sein, d. h. es muß diejenige Feuchtigkeitsmenge enthalten, die es vermöge seiner

hygroskopischen Eigenschaft aus feuchter Luft anzuziehen vermag. Denn es ist eine erwiesene Tatsache, daß die holzzerstörenden Pilze auf lufttrockenes und wenigstens in seinen oberen Schichten ungenügend gesättigtes Holz nicht überzugehen vermögen, noch weit weniger wird eine Keimung auf demselben stattfinden können. Das Vorhandensein eines feuchtigkeitsgesättigten Luftraumes als Bedingung für die Sporenkeimung spricht gleichzeitig dafür, daß niedrige Temperaturgrade die Keimung begünstigen.

Daß die Sporen der holzzerstörenden Pilze im wasserdampfgesättigten Luftraum keimen, schließt aber nicht etwa den Keimungsprozeß bei Anwesenheit flüssigen Wassers aus. Ebenso ist das aus den gekeimten Sporen sich entwickelnde primäre Netzmyzelium nicht in gleichem Grade luftbedürftig wie das sekundäre Oberflächenmyzel, da es auch in flüssigkeitsgesättigten Medien üppig zur Entwicklung kommt.

Es lassen sich nun, was die Keimung ihrer Sporen in feuchtigkeitsgesättigtem Luftraum anbetrifft, 2 Typen von holzzerstörenden Pilzen unterscheiden.

1. Pilze, deren Sporen unmittelbar in feuchter Luft keimen und keiner weiteren Agentien dazu bedürfen. Zu ihnen gehören alle diejenigen Fäulen, die gesundes Holz unmittelbar angreifen (primäre Fäulen: Lenzitesfäule, Coniophorafäule).

2. Pilze, deren Sporen nicht ohne weiteres in feuchtigkeitsgesättigter Luft zum Keimen gelangen, sondern noch besonderer, den Keimungsprozeß auslösender Anreize bedürfen. Zu diesem Typus gehören die sog. sekundären Fäulen (sämtliche Meruliusarten, Paxillus acheruntius), welche auf gesundem Holz nicht auskeimen, sondern nur auf Holzsubstrat, welches infolge Vorerkrankung durch andere Holzfäulen bestimmte Veränderungen erlitten hat. Nähere Untersuchungen über diese besonderen Bedingungen sind nur bei Merulius domesticus und silvester durchgeführt, während die Verhältnisse bei M. minor und Paxillus acheruntius noch unaufgeklärt sind.

Es ist die Anwesenheit eines gewissen Säuregrades, welcher bei M. domesticus- und -silvestersporen die Keimung begünstigt. So läßt sich in feuchter Luft Keimung von Hausschwammsporen nicht ohne weiteres beobachten. Überzieht man aber einen Objektträger mit einer verdünnten Säurelösung, läßt die letztere antrocknen und Hausschwammsporen auf der so präparierten Fläche absetzen, so tritt im feuchten Luftraum alsbald Sporenkeimung ein. Zu den Versuchen über den Wirkungswert der verschiedenen Säuren auf die Keimung der Hausschwammsporen sind Apfelsäure, Oxalsäure, Weinsäure, Bernsteinsäure u. a. in verschiedenen Konzentrationen herangezogen worden, und es hat sich gezeigt, daß dieser Wirkungswert der Gruppierung der Säuren nach ihrer Stärke, d. h. nach dem Dissoziationsgrade ihres Säurewasserstoffes (resp. nach dem Gehalt an freiem H-Ion) entspricht. Mit steigender Konzentration des H-Ions steigt die Reizwirkung aber nur bis zu einem geringen maximalen Wirkungsgrade an; von da ab tritt, intensiver als bei anderen Faktoren, die hemmende Wirkung hervor, die alsbald die Keimung verhindert. Es gibt auch Säuren, welche an sich

schon bei niedriger Konzentration die Keimung nicht hervorrufen, sondern zu den Basidiomyzetensporen im Verhältnis stark wirkender Gifte stehen. Dies sind dieselben Säuren, welche auch als Schwammbekämpfungsmittel in Frage kommen.

Unter natürlichen Verhältnissen finden nun die Sporen dieser sekundären Fäulen in der Tat solche Säuren vor, die als begünstigende Reize für die Keimung anzusprechen sind. Die Coniophorafäule nämlich, mit deren Sporen jede freilagernde und ungeschützte Holzsubstanz als infiziert betrachtet werden kann, führt einen ersten Zersetzungsgrad der Holzsubstanz herbei, bei dem das Holz äußerlich zunächst intakt verbleibt und sich nur durch veränderte Färbung und verminderte Festigkeit als angegangen erweist. Dieses vorerkrankte myzelarme Holz, welches in der Praxis auch als trockenfaul oder als erstickt bezeichnet wird, hat eine auffallend saure Reaktion, die das Aufkeimen der genannten Sporen in feuchter Luft ermöglicht. Auch die in größeren Mengen aus der Holzsubstanz abgespaltenen noch unverbrauchten Nährstoffe (vermehrter Extraktgehalt des vorerkrankten Holzes) kommen den nachfolgenden sekundären Fäulen zustatten.

Der Fortschritt des Keimungsprozesses ist nun ein von Zeit und Temperatur gesetzmäßig bedingter. Die Geschwindigkeit, mit der sich die Keimung vollzieht, ist unter sonst normalen Verhältnissen in erster Linie abhängig von der Temperatur, welcher die keimenden Sporen ausgesetzt sind, und zwar stellt sich dieses Abhängigkeitsverhältnis folgendermaßen dar: Bei fallender Temperatur läßt sich ein Temperaturpunkt ermitteln, bei welchem die Geschwindigkeit der Keimung gleich 0 ist, d. h. bei welchem keine Keimung mehr stattfindet. Dieser Punkt ist als das Minimum der Keimung bezeichnet worden. Bei steigender Temperatur wächst die Keimgeschwindigkeit proportional der Temperaturzunahme. So fortfahrend lassen sich dann eine Anzahl Temperaturgrade ermitteln, welche die Keimung besonders günstig beeinflussen und bei welchen die Keimgeschwindigkeit ihren höchsten Wert annimmt. Dies ist die optimale Zone der Keimungsgeschwindigkeit. Geht man aber zu weiterer Steigerung der Temperatur über, so macht sich eine hemmende Wirkung dieser supraoptimalen Temperaturgrade auf den Keimungsprozeß geltend. Die Keimungsgeschwindigkeit nimmt ab. Schließlich läßt sich auf diese Weise die Höchstgrenze, das Maximum der Temperatur ermitteln, bei welcher, ähnlich wie beim Minimum, eine merkliche Keimung nicht mehr stattfindet. Minimum, Maximum und Optimum werden als die drei Kardinalpunkte der Keimung in bezug auf die Temperatur bezeichnet und haben für die einzelnen Basidiomyzeten verschiedene Werte.

Schließlich ist, wenigstens in manchen Fällen, auch die Dauer der Keimfähigkeit der Sporen von biologischer Bedeutung. In dieser Hinsicht lassen sich im allgemeinen zwei Typen von Basidiomyzetensporen unterscheiden: a) Kurzlebige Sporen mit meist heller unverstärkter Membran (Stereumarten u. a.). Bei diesen kommt ein längeres Alter kaum in Betracht, sie keimen in der Natur, wo Feuchtigkeit und Trockenheit miteinander wechseln, unmittelbar aus. Sind dann die Feuchtigkeits-

verhältnisse weiterhin günstig, so entwickelt sich das Keimmyzel weiter; tritt aber sehr bald Trockenheit ein, so geht das gegen Trockenheitswirkung sehr empfindliche primäre Netzmyzelium zugrunde, sofern es nicht wie z. B. das Substratmyzelium von Lenzites zur Trockenstarre befähigt ist. b) Langlebige Sporen mit widerstandsfähigem Plasma und verstärkter, oft auch mit Farbstoffen imprägnierter Membran. Unter diesen vermögen die S. 67 unter 2. genannten infolge ihrer Schutzeinrichtungen gegen die schädigenden Wirkungen des Wechsels von Nässe und Trockenheit ihre Keimfähigkeit unter günstigen Verhältnissen bis zu 2 oder 3 Jahren hindurch zu bewahren. Wenn Sporen ein noch höheres Alter besitzen, so kann erfahrungsgemäß ihre Keimfähigkeit als erloschen gelten.

Hierzu muß jedoch bemerkt werden, daß Sporen ein und desselben Fruchtkörpers sich in bezug auf Keimdauer und Keimenergie — wie dies auch bei dem Samen der höheren Pflanzen der Fall ist — verschieden verhalten. Daher kommt es auch, daß mit zunehmendem Alter des Sporenmaterials die Keimprozente erheblich abnehmen und schließlich nur noch einzelne besonders keimkräftige Sporen am Leben bleiben.

Wie vollzieht sich nun die Keimung der Basidiomyzetensporen auf dem Susbtrat, das die Natur ihnen bietet, d. h. wie wird die Infektion des Holzes in der Natur herbeigeführt? Folgende allgemeine Bedingungen müssen erfüllt sein, wenn überhaupt eine Infektion zustande kommen soll:

1. Infektionskräftige Sporen müssen mit der Holzsubstanz zusammentreffen.
2. Die Holzsubstanz muß für die Infektion offen sein.
3. Es muß genügende Feuchtigkeit vorhanden sein.
4. Bei den auf ganz spezielle Keimungsbedingungen eingestellten Sporen müssen noch diese besonderen Bedingungen vorhanden sein.

Daß die hochentwickelten Basidiomyzetenfruchtkörper imstande sind, die Anwesenheit infektionskräftiger Sporen zur Zeit ihrer Vegetationsbedingungen in genügender Menge zu sichern, wurde schon bei der Betrachtung der Fruktifikationsorgane und der Sporenverbreitung dargelegt. Mit der Holzsubstanz in Berührung kommen können nun die Sporen auf verschiedenen Wegen:

a) auf dem Wege der Luftinfektion, d. h. auf die Weise, daß die von den Luftströmungen in der Atmosphäre verbreiteten Sporen sich auf den freiliegenden Hölzern direkt absetzen und dort infizieren.

b) Es können aber auch Sporen, die sich irgendwo in Räumen oder in der freien Natur auf der Erde oder beliebigen Flächen der Gegenstände abgelagert haben und dann in der Regel nicht mehr verstäubbar sind, durch Menschen und Tiere verschleppt werden. Es sei nur daran erinnert, daß bei der Übertragung des echten Hausschwammes eine solche Verschleppung der Sporen durch die Bewohner und Besucher kranker Häuser, durch Handwerker, Haustiere usw. eine Rolle spielen kann. Vor allem müssen auch alle Arten von Haus-Ungeziefer, wie Ratten,

Mäuse und Insekten als Verschlepper der Hausschwammsporen in Betracht gezogen werden.

c) Schließlich können die aus der Luft abgesetzten oder verschleppten Sporen durch Vermittlung des Wassers (Scheuerwasser) an verbaute Holzteile (durch Dielenritzen) gelangen.

d) Häufig kommt aber eine Infektion dadurch zustande, daß bereits angesteckte Holzteile (beim echten Hausschwamm kommen besonders Kisten, Brennholz und Verschlagbretter in Betracht), in Kellern von genügender Feuchtigkeit verwendet oder aufbewahrt werden. Sie beginnen zu fruchten und können dann vom Keller aus die Sporeninfektion herbeiführen. Wo derartige Hölzer mit verbauter Holzsubstanz in direkte oder indirekte Berührung kommen, kann natürlich auch das vegetative Myzelium auf das gesunde Holz unmittelbar übergreifen.

e) Myzel- oder Strangteile kommen dagegen nicht in genügend kleinen Teilchen vor, um auf dem Luftwege Verbreitung zu finden; dies kommt auch wegen der geringen Widerstandsfähigkeit solcher Teilchen gegen das Austrocknen an der Luft nicht in Betracht. Die Ansteckung durch Verstreuung und Verschleppung von pilzdurchwachsenen kleinen Holzsplittern kann daher gegenüber der Sporeninfektion nicht wesentlich ins Gewicht fallen.

f) Schließlich muß hinsichtlich der Hausschwammarten noch eine weitere Verbreitungsart in Erwägung gezogen werden, nämlich das direkte Durchwachsen des Myzeliums von Haus zu Haus, durch Grund und Giebelmauern oder trennende Erdschichten hindurch.

Von den oben erwähnten Infektionsmöglichkeiten soll hier nur die Luftinfektion des in der freien Luft gestapelten Holzes noch näher betrachtet werden. Für diese Infektionsart kommt zu den oben aufgezählten allgemeinen noch die besondere Bedingung hinzu, daß die Holzsubstanz an ihren Oberflächen von der sporenführenden Luft umspült wird und dadurch für den Sporenbefall offen ist (offene Luftlage). Denn es ist einleuchtend, daß allseitig verbautes oder unter Wasser befindliches Holz, sofern es noch nicht infiziert ist, einer Luftinfektion durch Sporen nicht mehr unterliegen kann. Auch das von der Rinde umschlossene Holz ist dieser Luftinfektion nicht zugänglich, da ja im allgemeinen unverletzte Korkschichten einen sicheren Schutz gegen Pilzinfektion überhaupt abgeben. Das lebende, noch nicht gefällte Holz eines Baumes kann demnach, sofern es nicht von Parasiten befallen ist, als steril gelten.

Unmittelbar nach dem Fällen kommen zunächst die frischen Hirnschnittflächen für eine Luftinfektion bereits im Walde in Betracht. Auf den Bearbeitungs- und Holzplätzen wird dann weiterhin die Holzsubstanz durch das Schälen und Bearbeiten der Luftinfektion an den Oberflächen geöffnet. Aber erst nach dem Trocknen und der damit zusammenhängenden Zerklüftung des Holzes durch die sog. Trockenspalten

wird auch das Innere komplexer Holzmassen den Infektionskeimen geöffnet.

Da das Fällen und Bearbeiten hauptsächlich im Spätherbst und Winter erfolgt, so werden zunächst nur diejenigen Pilze das Holz infizieren können, die in dieser Jahreszeit fruchten und ihre Sporen verbreiten. Im Walde und auf den Lagerplätzen sind dies hauptsächlich Coniophora- und Lenzitesarten, Merulius silvester und sclerotiorum, ferner Arten der Polyporus-vaporariusgruppe und andere Polyporeen sowie Corticium und Stereum-Formen. Während der freien Lagerung im Sommer werden hauptsächlich Luftsporen der Coniophora- und Lenzitesarten von Lentinus Paxillus Schizophyllum und gewisser Polyporeen die Holzflächen infizieren. Für die Sporeninfektion im Hause selbst und in seiner Umgebung würden dann vorzugsweise Merulius domesticus und minor, Coniophoraarten, sowie gelegentlich Paxillus acheruntius in Betracht kommen.

Von Wichtigkeit für das Zustandekommen der Luftinfektion ist es nun, daß die in der Luft lagernde Holzsubstanz den Sporen nicht etwa bloß die freigelegten Oberflächen zur Ablagerung darbietet, sondern infolge des Austrocknens durch zahlreiche große und kleine Trockenspalten zerklüftet ist, die alle in radialer Richtung verlaufen und von denen sich die kleineren und kleinsten Spalten meist nur über wenige Jahresringe, die größten aber von der Peripherie bis ins Mark hinein erstrecken. Es handelt sich nun um die Frage, ob und wieweit die Infektionskeime des Pilzes bis in die feinsten Trockenspalten hineingelangen. Bezüglich der Frage, ob hier die Wirkung von Temperaturströmungen zureicht, um die Sporen bis in die feinsten Trockenspalten zu transportieren und abzusetzen, haben Versuche gezeigt, daß auch bei Anwendung eines stärkeren Temperaturgefälles, wie es im Freien nur in den von der Sonne beschienenen Hölzern vorkommen dürfte, die dadurch erzeugten Luftströmungen den Sporen einen Eintritt in engere Spalten nicht ermöglichen. Denn die Luftströmungen sind nicht imstande, sich in die engeren Spalten hinein fortzusetzen. Auch bei künstlich erzeugten, noch relativ weiten Spalträumen dringt ein solcher Luftstrom kaum merklich in das Innere vor, weil er nicht imstande ist, die Adhäsionskräfte zwischen den gegenübergestellten Spaltenoberflächen und den von ihnen eingeschlossenen Luftschichten zu überwinden. Dagegen ließ sich experimentell feststellen, daß unter Mitwirkung von flüssigem Wasser die Sporen in sehr kurzer Zeit auch bis in die feinsten Trockenspalten gelangen können. Es ist dadurch bewiesen, daß beim Eintritt einer Regenperiode die auf der Oberfläche und in den größeren Trockenspalten der Hölzer abgesetzten Sporen mit dem ersten Regenwasser in die Kapillarräume der feineren Trockenspalten eindringen können, soweit diese einen offenen Zugang darbieten. Da diese Zugänge hauptsächlich am Hirnschnitt vorhanden sind, werden die Köpfe der Balken der Inneninfektion in besonders hohem Grade unterliegen. Ferner sind auch die verschiedenen Holzarten in verschiedenem Grade für die Infektion disponiert. Poröses schnellwüchsiges Holzmaterial schwindet beim Trocknen stärker und wird entsprechend reicher von Trockenspalten

zerklüftet als engwüchsiges und kernholzreiches Coniferenholz. Hölzer ohne Kernholzbildung, die auf guten Böden in besonders günstigen Lagen durch starken Zuwachs ausgezeichnet waren, und verhältnismäßig lange auf den Holzlagerplätzen verbleiben, werden daher besonders stark befallen werden.

Die solcher Art zustande kommende Infektion kann als Inneninfektion bezeichnet werden, da die Sporen immer erst zur vollen Entwicklung gelangen, wenn sie in das Innere des Holzes hineingelangt sind. Die Inneninfektion spielt daher nur bei offener Luftlage des Holzes eine Rolle und erscheint im wesentlichen auf die Lagerfäule beschränkt.

Da der Keimschlauch und das primäre Netzmyzelium, das sich bei der Keimung zunächst aus den Sporen entwickelt, noch nicht die Widerstandsfähigkeit des sich bei fortschreitender Entwicklung bildenden Substratmyzels besitzt, so wird es für das Zustandekommen einer wirksamen Inneninfektion noch wesentlich davon abhängen, ob die betreffende Holzsubstanz die bei Niederschlägen aufgenommene Feuchtigkeit solange zu halten vermag, bis das primäre Keimmyzel genügend erstarkt und imstande ist, Trockenperioden zu überdauern. Nun hat es sich gezeigt, daß es sowohl beim gesunden wie am kranken Holz im wesentlichen von dem Umfange der betreffenden Holzmasse abhängt, ein wie langer Zeitraum für die Abgabe des bei Niederschlägen aufgenommenen Wassers erforderlich ist. Nur in der zusammenhängenden komplexen Masse des Balken- oder Stammholzes sind bei luftiger Stapelung desselben die für das Zustandekommen und Weiterschreiten der Inneninfektion erforderlichen Feuchtigkeitsverhältnisse in genügender Dauer gegeben. Wirksame Infektionen durch die Erreger der Lagerfäule sind daher zumeist auf ganze Stämme, Balken oder Stangenhölzer beschränkt, während das aufgeschnittene Material unter normalen Lagerungsverhältnissen nicht mehr erheblich gefährdet wird. Wo wir in vorschriftsmäßig behandelten Brettern eine erhebliche Ausbreitung der Lagerfäule konstatieren, ist anzunehmen, daß die Stämme, aus denen sie geschnitten wurden, schon vorher von der Fäule ergriffen waren.

Außer der beschriebenen Inneninfektion können natürlich auch die auf den freien Oberflächen des Holzes abgesetzten resp. verschleppten Sporen die Infektion bewirken und das Holz also von den Oberflächen her infizieren. Diese Infektionsart kommt jedoch nur in Frage, wenn das Holz ein- oder mehrseitig von der freien Luftlage abgeschlossen ist, so daß sich feuchtigkeitsgesättigte Luftschichten längere Zeit auf der befallenen Holzoberfläche halten können. In freier Luftlage dagegen trocknen die von der freien Luft umspülten Oberflächen zu schnell aus, als daß eine Keimung und Fortentwicklung der Sporen geschehen könnte.

γ) Physiologie des vegetativen Myzelwachstums, Okkupation und Holzzerstörung.

Die sich aus den Sporen entwickelnden Vegetationskörper entziehen sich der makroskopischen Betrachtung in der Natur mehr oder weniger vollständig. Sie wachsen versteckt oder ganz verborgen im Innern des

Substrates und es ist deshalb nicht leicht, eine Vorstellung von dem Wesen und den Richtungen ihres Wachstums zu erhalten. Durch künstliche Kultur auf durchsichtigen, der Beobachtung zugänglichen Substraten hat man nun feststellen können, daß sich das Myzelium eines Pilzes nach allen Richtungen des Raumes hin gleichmäßig fortentwickelt, ganz unabhängig von den bei den Pflanzen sonst allgemein die Richtung gebenden Schwerkraftsreizen. Muß der pilzliche Organismus bestrebt sein, sein Substrat nach allen Richtungen hin gleichmäßig zu durchwachsen, um dasselbe soviel wie möglich auszunützen, so wird doch andererseits gleichzeitig ein schneller Oberflächenbefall insofern für ihn von außerordentlicher Bedeutung sein, als die Oberflächen der Holzsubstanzen, wenn sie einmal von den Myzelien des Pilzes beschlagnahmt sind, anderen Konkurrenten wenigstens für eine gewisse Zeitfrist nicht mehr zugängig sind, so daß mit der Oberfläche das gesamte Substrat für den betreffenden Erreger gesichert ist, noch ehe er von dem Innern desselben Besitz ergriffen hat. So sahen wir bei den wichtigsten holzzerstörenden Pilzen sich ein ausgesprochenes Oberflächenmyzelium entwickeln, dessen Aufgabe es ist, den möglichst schnellen Befall (Okkupation) auszuführen. Die höchste Differenzierung erreicht dieses Okkupationsmyzel bei den Coniophoraarten, die zugleich durch die größte Wachstumsgeschwindigkeit ausgezeichnet sind. Eine Gruppierung der für uns in Frage kommenden pilzlichen Organismen nach diesen Gesichtspunkten ist insofern von Interesse, als bei der einen Gruppe nur Substratmyzelien vorkommen, welche ihre Entwicklung im Innern der Holzsubstanz beginnen und sich dann nach allen Richtungen gleichmäßig ausbreiten, wohingegen bei der zweiten Gruppe die beschriebenen Oberflächenmyzelien den Angriff des Holzes zumeist von seinen freien Oberflächen her ausführen. Ihre biologische Erklärung findet diese Erscheinung darin, daß die während der freien Luftlage in der Holzsubstanz vegetierenden Pilze (im wesentlichen die Erreger der Lagerfäule und eine Anzahl parasitischer Stammholzfäulen) auf die Ausbildung eines typischen Oberflächenmyzeliums verzichten müssen, weil die offene Luftlage der Substratoberfläche die Existenz des oberflächlich vegetierenden Myzeliums unmöglich macht. Die geschlossene Luftlage des verbauten Holzes begünstigt hingegen bei den eigentlichen Hausfäulen infolge des dort möglichen Gleichgewichtszustandes in der maximalen Wasserdampfspannung die Ausbildung der beschriebenen Oberflächenmyzelien.

Aber auch, wenn ein Pilz sich ausschließlich im Innern des Holzes mit Substratmyzelien ausbreitet, werden diese unter natürlichen Verhältnissen nicht nach allen Richtungen des Raumes gleichmäßig fortwachsen können, da ja das Holzsubstrat dem Myzelium nicht überall die gleichen Bedingungen bieten wird. Die Myzelien bevorzugen, wie zu erwarten ist, die Richtung, in welcher die günstigsten Feuchtigkeitsverhältnisse vorhanden sind, vermögen dagegen in zu trockenen resp. zu stark durchnäßten Teilen in der Regel schwieriger oder gar nicht vorzudringen. Auch der Verlauf der Holzfasern ist für die Orientierung des Wachstums zumeist von Bedeutung, da die Pilzhyphen in der Richtung der Holzfasern leichter bzw. schneller vorzudringen pflegen.

a) Einfluß der Zeit. Um die näheren Wachtumsverhältnisse zu studieren, erscheint daher das natürliche Holzsubstrat nicht für jede wissenschaftliche Fragestellung geeignet. Ein völlig gleichmäßiger künstlicher Nährboden bietet dagegen dem Pilzwachstum in allen seinen Teilen dieselben Bedingungen zu kräftigem ungestörtem Wachstum dar und besitzt außerdem noch den Vorzug, daß man ihn in jeder nur möglichen Variation herstellen kann. So ist z. B. ein Agar-Agar-Nährsubstrat, welches man mit 5—10% Malzextrakt versetzt hat, ein besonders geeignetes Kulturmedium. Man gießt solche Nährböden in längere Glasröhren, und läßt sie darin so erstarren, daß das Substrat eine lange geneigte Fläche bildet. Überträgt man nun ein myzeldurchwachsenes Substratstück in entsprechender Größe in das obere Ende des Röhrchens und bringt dann die Kultur in geeignete konstante Temperatur, so wachsen die Hyphen aus dem übertragenen Impfstück gleichmäßig aus und gehen auf das neue Substrat in geschlosenem Verbande über. Mit ihren fortwachsenden Spitzen bilden sie eine mehr oder weniger regelmäßige gerade Linie, deren Lage sich sowohl in der Aufsicht wie in der Durchsicht leicht bestimmen läßt. Auf die beschriebene Weise läßt sich in gewissen Zeitabständen der jedesmalige Längenzuwachs der Myzelfäden feststellen, und zwar mißt man direkt einen brauchbaren Mittelwert der Zuwachsgrößen zahlreicher Einzelhyphen, denn in Wirklichkeit stellt die gemessene Grenzlinie nur diejenige Zone dar, welche die größte Zahl der Hyphenspitzen in dem betreffenden Zeitpunkt erreicht hat, während ein gewisser Prozentsatz, diese Grenze bereits überholt, ein anderer sie noch nicht erreicht hat, wovon man sich bei mikroskopischer Betrachtung überzeugen kann. Es kommt natürlich sehr darauf an, daß optimale Bedingungen gewählt und Impfmaterial von gleichartiger Beschaffenheit gewählt wird. Auch unter dieser Voraussetzung wird man aus einer großen Zahl von Kulturen nur diejenigen für die Versuche auswählen, bei denen sich das Anwachsen des Impfstückes und der Überzug auf dem Substrat in der geforderten Gleichmäßigkeit vollzogen hat.

Das Studium des Längswachstums des Myzeliums holzzerstörender Pilze führt nun zu der Erkenntnis, daß das Wachstum des Vegetationskörpers bei diesen Pilzen nicht wie sonst die Wachstumsprozesse bei den Organismen rhythmisch oder periodisch verlaufen, sondern es nimmt sehr bald einen bestimmten Wert an, der unverändert bestehen bleibt, wie lange man die Beobachtung auch fortsetzt. Diese Zuwachszahl ist nun für die Myzelien derselben Art eine fixierte, für die verschiedenen holzzerstörenden Basidiomyzeten aber verschieden und kann somit für die Charakterisierung und Bestimmung eines Pilzes mit herangezogen werden.

b) Einfluß der Temperatur. Die Feststellung der gesetzmäßigen Einwirkung der Zeit auf die Zuwachsgröße holzzerstörender Pilze erfolgte unter Anwendung ein und derselben konstanten Temperatur. Wenn wir nun systematisch die Temperaturen variieren, so kommen wir zu dem Ergebnis, daß jeder verschiedenen konstanten Wachstumstemperatur eine entsprechend abweichende, aber ebenfalls fixierte Zuwachszahl entspricht. Wenn man diese Verhältnisse graphisch darstellt, so erhält

man für jede Pilzart eine bestimmte Linie, die als die Temperaturkurve des Längenwachstums bezeichnet wurde. In dem nebenstehenden Schema (Abb. 47) sind diese Temperaturkurven für die Mehrzahl der hier zu behandelnden Holzzerstörer zusammengestellt und ein Vergleich derselben läßt folgendes erkennen: Bei allen Pilzen beginnt diese Temperaturkurve in der Nähe von 3° (Minimum), sie steigt allmählich zu einer optimalen Wachstumszone an (Optimum), um dann verhältnismäßig steil zu demjenigen Temperaturpunkt abzufallen, bei welchem ein Fortwachsen des Myzeliums nicht mehr beobachtet werden kann. (Maximum.) Der Anstieg vom Minimum zum Optimum erfolgt bei allen Pilzen fast vollkommen gleichmäßig, so daß bei jeder Steigerung der Temperatur um je einen Grad die Wachstumsgeschwindigkeit um ein und denselben Wert zunimmt, der als Temperaturkoeffizient des Längenwachstums bezeichnet wurde. Auch der Temperaturkoeffizient des Längenwachstums stellt somit für jede Art einen fixierten Wert dar. Graphisch dargestellt wird der Temperaturanstieg zur optimalen Zone daher gradlinig verlaufen. Beim Eintritt in die letztere hört jedoch das weitere Ansteigen der Kurve auf, es lenkt aber nicht gleich in den steil abwärts gerichteten Verlauf ein, sondern die Wachstumsgeschwindigkeit des Myzeliums bleibt während bestimmter Grade bzw. Gradabschnitte auf der einmal erreichten Höhe stehen, weil offenbar die wachstumsfördernden und hemmenden Einflüsse sich in einer gewissen Zone kompensieren: bei weiterer Tem-

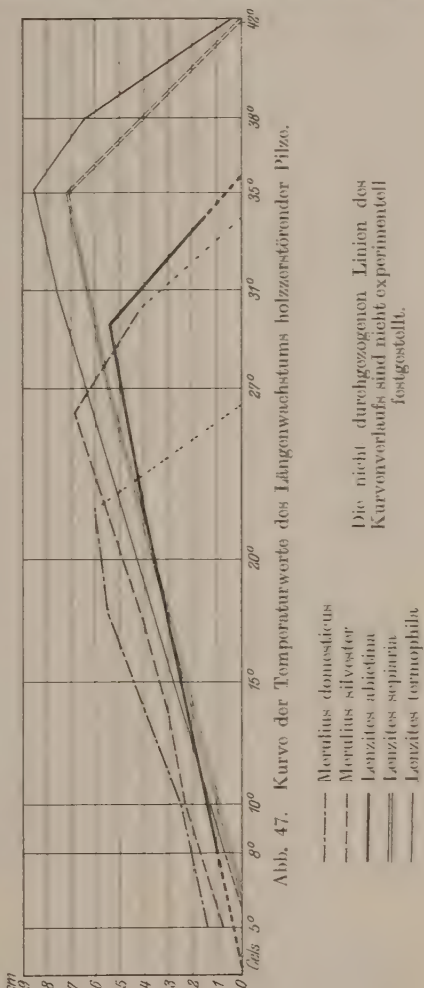


Abb. 47. Kurve der Temperaturwerte des Längenwachstums holzzerstörender Pilze.

peratursteigerung überwiegen die hemmenden Einflüsse und die Wachstumsgeschwindigkeit der Myzelien wird relativ schnell um ein jeweils bestimmtes Maß herabgesetzt, bis der Nullpunkt erreicht ist. Da jeder supraoptimale Temperaturgrad eine ganz bestimmte Hemmungswirkung ausübt, ist es nicht zu verwundern, daß auch den meisten Temperaturgraden des Abstieges noch fixierte Zuwachswerte entsprechen.

Die Temperaturkurven bieten aber auch nach anderen Richtungen charakteristische physiologische Merkmale für die Myzelien eines jeden Fadenpilzes. Es zeigt sich nämlich, daß die Kurven der verschiedenen Myzelien eine ganz verschiedene Anzahl von Temperaturgraden umfassen. Auch das Optimum und Maximum ist bei den einzelnen Myzelien verschieden hochgelegen, während die Minima für alle diese Pilze in der Nähe von etwa 3° liegen. Bezeichnet man die betreffende Anzahl von Celsiusgraden, welche die Temperaturkurve eines Pilzes umfaßt, als den Temperaturumfang des Myzelwachstums, so erhält man ein weiteres Wachstumsgesetz dahin lautend, daß der Temperaturumfang für das Myzelium einer jeden Pilzart eine fixierte Zahl darstellt. Auch diese Umfangszahl kann also für verschiedene Pilzarten einen verschiedenen Wert besitzen. Gleiches gilt für das Temperaturoptimum und Maximum. Diese Kardinalpunkte etwa durch Kultureinflüsse zu verschieben, ist bisher nicht gelungen.

Zusammenfassend kann über die Temperaturwerte der holzzerstörenden Myzelien noch ausgesagt werden: Ihr Temperaturumfang umfaßt die Celsiusgrade von 3—34°, höchstens bis 38°, die optimale Zone die Grade von 18—32, der Temperaturanstieg vom Minimum zur optimalen Zone verläuft in der Regel von 3—26°, höchstens 32°, der Abstieg von 22, resp. 26°—34°, höchstens 38°. Sonach ist der Temperaturanstieg etwa 3—4 mal so weit wie der Abstieg und umfaßt die normalen und wichtigsten Wachstumsgrade der Myzelien. Die Temperaturgrade von ca. 6—26° C (beim echten Hausschwamm nur bis 22°, bei Lenzites bis 32°) sind somit die eigentlichen Wachstumstemperaturen der holzzerstörenden Myzelien.

Für praktische Zwecke ist die Unterscheidung des Temperaturumfanges und der optimalen Temperaturzone des Myzelwachstums zweckmäßig und ausreichend. Mit ihrer Hilfe läßt sich z. B. das Myzelium des echten Hausschwammes von den meisten übrigen Holzzerstörern und auch von der ihm nahe verwandten wilden Art zuverlässig unterscheiden. Auch die anderen Pilzmyzelien lassen sich nach diesen Werten charakterisieren, wie die folgende Zusammenstellung zeigt:

	Temperaturumfang	Optimale Temperaturzone
Merulius domesticus . . .	3—26°	18—22°
Merulius silvester	3—34°	24—28°
Coniophora cerebella . .	3—34°	22—26°
Lenzites sepiaria	3 (?) —38°	28—32°

c) Einfluß der Feuchtigkeit. Von den in der Atmosphäre belegenen Bedingungen für die Entfaltung der Myzelien, wie Gehalt der Luft an Sauerstoff, Kohlensäure, Feuchtigkeit ist der letztgenannte

Faktor von ganz besonderer Bedeutung. Es handelt sich hier um einen Wachstumsfaktor, der nicht wie die Temperatur innerhalb weiter Grenzen einen proportionalen Einfluß ausübt, sondern der nur bei jeweiliger vollster Entfaltung optimales Wachstum ermöglicht. Bei Merulius domesticus ist nachgewiesen worden, daß das Myzel erst bei voller Sättigung der Luft mit Wasserdampf ungehemmt aus- und fortwächst. Mit der Erniedrigung des Wasserdampfdruckes um $^1/_{10}$ mm ist bereits eine deutliche Verminderung in der Wachstumsgeschwindigkeit zu konstatieren und bei einer 0.6 mm Quecksilbersäule entsprechenden Erniedrigung unter dem Druck der vollen Sättigung ist das Wachstum bereits vollständig gehemmt worden.

Durch Messen der fortwachsenden Hyphen konnte ferner festgestellt werden, daß mit der Verminderung des Wasserdampfgehaltes der Luft und der Wachstumsgeschwindigkeit auch eine entsprechende Volumverkleinerung stattfindet. Auch im Holzsubstrat müssen die feineren Hohlräume der Gefäße und Tracheiden mit Wasserdampf gesättigt sein. Es ist daher für das optimale Wachstum des vegetativen Myzelwachstums derjenige Feuchtigkeitsgehalt des Holzes erforderlich, der diesen Zustand herbeiführt, und es ist bemerkenswert, daß die hygroskopische Holzsubstanz sich in feuchtigkeitsgesättigter Luft selbsttätig mit Feuchtigkeit sättigt. In diesem Zustande wird das Holz als luftfeucht bezeichnet und es ist — soweit die experimentellen Feststellungen bis jetzt reichen — nicht angreifbar, wenn es diesen Zustand wenigstens in seinen oberen, dem Angriff unmittelbar unterliegenden Schichten noch nicht erreicht hat. Das Holz enthält ja außerdem die Elemente des Wassers in seiner eigentlichen Substanz in größeren Mengen chemisch gebunden, und die Pilze sind imstande, dieses Konstitutionswasser durch tiefgreifende Zersetzung der Zellulose abzuspalten. In einem Molekül Zellulose sind 6 Atome Kohlenstoff mit 5 Molekülen Wasser verbunden und ein Teil dieses Konstitutionswassers dürfte bei derjenigen Zersetzung frei werden, bei welcher eine kohleartige Restsubstanz als Resultat der Holzzersetzung verbleibt. Das Verhältnis von Kohlenstoff zu Sauerstoff, im gesunden Holz gleich 10 : 8,1 beträgt im zersetzten Holze 10 : 5,4. Damit wird es auch verständlich, wenn z. B. der echte Hausschwamm in Holzteile vordringt, die relativ noch trocken sind und hier imstande ist, geschlossene Lufträume (z. B. Unterdielenräume) selbsttätig mit Wasserdampf zu sättigen und die anschliessende Holzsubstanz dadurch angreifbar zu machen. Auch den früheren Beobachtern ist diese Tatsache schon aufgefallen, jedoch ist deren Ansicht, daß die Myzel-Stränge das Wasser aus dem feuchten Untergrunde oder von anderen wasserreichen Substraten her an die Orte des Wachstums transportieren, unzutreffend. Die genannten Organe dienen vielmehr der Speicherung und Leitung des plasmatischen Nährstoffstromes und ein Transport von Wasser im Gewebe der Stränge kommt nicht in Betracht.

Die für das Wachstum der Oberflächenmyzelien erforderliche Feuchtigkeitssättigung der Luft wird unter natürlichen Verhältnissen überall dort vorhanden sein, wo sich ruhende abgeschlossene Luftschichten

halten können, also in Hohlräumen jeglicher Art, die sich beim Vorhandensein irgend einer Feuchtigkeitsquelle schnell mit Wasserdampf sättigen. Da die Sättigung der Luft mit Wasserdampf in hohem Grade von der Temperatur abhängig ist, werden sich feuchtigkeitsgesättigte Hohlräume besonders leicht und schnell bei niedriger Temperatur in der Zeit des Winters und in tiefer gelegenen Räumen halten können, und zwar an denjenigen Stellen, an denen Bretter usw. der Kellersohle oder dem Grundmauerwerk anliegen.

d) Trockenstarre der Myzelien. Die Myzelien der mit typischem Oberflächenmyzel wachsenden Holzzerstörer sind einschließlich der Stränge gegen die austrocknende Wirkung wasserdampfarmer oder zugreicher Luft außerordentlich empfindlich: sie sterben schnell ab, sobald die Austrocknung einen gewissen Grad erreicht hat; ganz im Gegensatz hierzu stehen die Substratmyzelien der die Lagerfäule des Holzes verursachenden Arten, die in frei gelagerter Holzsubstanz leben und eine ausgesprochene Fähigkeit besitzen, längere Zeit der Trockenheit in einem wasserarmen latenten Zustande zu überdauern, ohne dadurch in ihrer Lebensenergie beeinträchtigt zu werden. Diese Fähigkeit ist als Trockenstarre des Myzeliums bezeichnet worden; sie ist in Sonderheit den Lenzitesarten eigen, deren Substratmyzelien jahrelang in trockenstarrem Zustand lebend verbleiben.

e) Gaswechsel der Myzelien. Der Gaswechsel, der hier in Betracht kommenden Fadenpilze verläuft grundsätzlich verschieden von demjenigen anderer Pflanzen und Tiere. Sie assimilieren keine Kohlensäure wie die grünen Pflanzen und brauchen auch nicht notwendig Sauerstoff wie die Tiere. Sie wachsen daher auch in luftverdünnten Räumen und in einer reinen Stickstoffatmosphäre. Es handelt sich hier also um eine Reduktionsatmung auf Kosten der im Substrat gebotenen organischen Substanz. Als Dissimilationsprodukt wird Kohlensäure kontinuierlich in verhältnismäßig großen Mengen ausgeschieden, und es ist für das ungehemmte Wachstum der Myzelien wichtig, daß diese ausgeatmete Kohlensäure abgeführt wird. Versuche haben ergeben, daß in einer Luft, die 25 Volumprozent Kohlensäure enthält, das Längenwachstum von Merulius domesticus augenblicklich gehemmt und der Pilz nach 5tägiger Einwirkung abgetötet ist. Schon eine Beimischung von 6 Volumprozent Kohlensäure hat bei Domesticus, Silvester und Coniophora eine deutliche Hemmung der Wachstumsgeschwindigkeit zur Folge. Nähere Daten enthält die folgende Tabelle (Seite 79).

f) Einfluß der Ernährung. Die Einflüsse der Ernährung können wir nach zwei Richtungen genauer einschätzen, nach Qualität und Quantität der Myzelentwicklung des betreffenden Pilzes. Die qualitative Beurteilung stützt sich auf die Messung der Wachstumsgeschwindigkeit und des Hyphenvolums. Jeder hemmende Faktor des Substrates macht sich durch Reduktion des Hyphenvolums und der Wachstumsgeschwindigkeit bemerkbar. Hiernach kann der Grad der vorliegenden Hemmungswirkung direkt bestimmt werden. Außerdem läßt sich die Anwesenheit von hemmenden Einflüssen an der Verkürzung der Internodien, der

Entwicklungshemmung und Abtötung von Domestikusmyzel in Kohlensäure-Luftgemischen.

Kohlensäuregemische nach Volum	Hemmung in Längenwachstum [1]		Abtötung
1. reine CO_2	sofort vollständig gehemmt		bis 2 Std. +
			„ 3 „
			„ 4 „ —
2. 1/3 CO_2 + 2/3 Luft			„ 6 „ +
			„ 8 „ +
			„ 10–11
			„ 15 „ —
			In einem 2. Versuch nach 4 Tagen tot
3. 1/4 CO_2 + 3/4 Luft			Nach 5 Tagen —
4. 1/8 CO_2 + 7/8 Luft	0,5 cm in 5 Tagen	Kontrolle in 5 Tagen = 5 cm	
5. 1/8 CO_2 + 7/8 Luft	0,3 cm in 3 Tagen	Kontrolle in 1,5 Tagen = 3 cm	
	0,4 „ „ 3 „		
6. 1/16 CO_2 + 15/16 Luft	0,4 „ „ 3 „		
	0,7 „ „ 3 „		

[1]) In optimalem Wachstum befindlicher Kulturen.

Zeichenerklärung:

– Das Myzel wächst nach Übertragung auf neues Substrat gut aus.
| „ „ „ „ „ „ „ „ „ gehemmt aus.
— „ „ „ „ „ „ „ „ nicht mehr aus.

Schnallenhäufung an den Nodien und vielfach auch an dem Auftreten der Hemmungsfarben erkennen.

Es zeigte sich ferner, daß die Quantität und das Verhältnis der vorhandenen Nährstoffmengen ebenso wie die Temperatur und die Konzentration innerhalb weiter Grenzen für das qualitative Wachstum ohne Einfluß sind. Insbesondere ist hervorzuheben, daß noch bei sehr geringem Gehalt des Substrates an aufnehmbaren Nahrstoffen die genannten Myzelwerte (Wachstumsgeschwindigkeit usw.) unverändert bleiben.

Der Nährstoffreichtum des Substrates hat dagegen einen entscheidenden Einfluß auf die quantitative Myzelbildung. Diese vermehrt sich proportional der Konzentration der optimalen (S. 81) Nährstoffmischung.

Die quantitative Myzelbildung kommt zum Ausdruck in der Summe der Einzelhyphen und in dem Gewicht ihrer Trockensubstanz bei gleicher Temperatur, Entwicklungszeit und gleichem Substratvolum.

Zum Verständnis der Verhältnisse ist es vorteilhaft, sich die Tätigkeit der holzzerstörenden Myzelien als in zwei getrennten Phasen erfolgend vorzustellen, einem vorangehenden Auflösungsprozeß der wasserunlöslichen Holzsubstanz und der nachfolgenden Aufnahme der gelösten Substanzen. Die erste Phase bringt das Wesen der Holzfäulnisprozesse zum Ausdruck, sie kennzeichnet ernährungsphysiologisch die ganze Gruppe der Basidiomyzeten, während die zweite Phase allen Pilzen gemeinsam ist. Wir wissen aus Erfahrung, daß überall, wo Holzfäulnis sich in der Technik bemerkbar macht, Fadenpilze aus der Gruppe der hier behandelten Familien die Ursache sind. Das oben Gesagte ist zugleich der Grund dafür, daß die Basidiomyzeten alle anderen Fäulniserreger auf der luftfeuchten Holzsubstanz überwuchern, besonders diejenigen, welche das Zellulosegerüst und die inkrustierenden Substanzen desselben nicht nennenswert anzugreifen vermögen.

Es ist nun aber bemerkenswert, daß gleichwohl die Basidiomyzeten ebenso gut, ja noch üppiger gedeihen, wenn man ihnen die Nahrung gleich in gelöstem Zustande darbietet, wobei sich nur die zweite Phase, die Nahrungsaufnahme, vollzieht, und der für den Lösungsprozeß notwendige Zeit- und Arbeitsaufwand erspart wird. So erklärt es sich, daß wir auf den künstlichen Substraten alsbald eine so üppige Entwicklung der meisten Holzzerstörer wahrnehmen. Wenn man in der Natur gleichwohl auf solchen leichtlöslichen Substraten keine Holzzerstörer, sondern Schimmelpilze und Bakterien antrifft, so hat dies seinen Grund lediglich darin, daß diese Organismen solches Substrat viel schneller und zahlreicher besiedeln, verbrauchen und zersetzen können. Die Schwierigkeit der Kultur der Basidiomyzeten auf den üblichen Agar-Agar-Substraten besteht daher lediglich darin, diese anderen Organismen dauernd fernzuhalten.

Was nun die Ansprüche der holzzerstörenden Myzelien an gelösten Nährstoffen betrifft, so gilt hier dasselbe, was wohl für alle Fadenpilze gültig ist. Sie wachsen am üppigsten auf denjenigen Assimilationsprodukten der grünen Pflanzen, welche diese selbst zum Aufbau ihrer Organe benutzen, als C-Quelle gelöste Kohlehydrate (Zuckerarten) und als N-Quelle lösliche Eiweißstoffe (Pepton). Phosphorsäure, Kali und Magnesium sind in den hier in Betracht kommenden organischen Substanzen in der Regel in genügender Menge vorhanden oder müssen, wenn es sich um ganz reine C- und N-Verbindungen handelt, in sehr geringen Quantitäten zugesetzt werden (auf 1 Liter 2 g KH_2PO_4 und 0,5 $MgSO_4$), so daß sie bei den folgenden Betrachtungen ganz ausscheiden können. Amine, Harnstoff, Nitrate und Ammoniakverbindungen sind für die Myzelien der Holzzerstörer nur schwer oder gar nicht assimilierbar und kommen als Nährstoffe ebensowenig wie die Abbauprodukte der Kohlehydrate in Betracht.

Für die quantitative Ernährung spielt nun das Verhältnis, in welchem die drei eigentlichen Nährstoffgruppen, die Kohlehydrate, die Eiweißstoffe und das Wasser in der Nährlösung dargeboten werden, die wesentlichste Rolle. Je mehr sie sich in ihrer Zusammensetzung demjenigen Mischungsverhältnis nähern, in welchem sie von der Fadenzelle zum Aufbau der

Pilzsubstanzen verbraucht werden, desto größer ist die in der Zeiteinheit unter sonst gleichen Verhältnissen gebildete Zahl von Pilzfäden und das Gewicht ihrer Trockensubstanz. Auch hier gilt das Gesetz (des Minimums) daß die quantitative Myzelentwicklung abhängig ist von demjenigen Nahrungsstoffe, der im Minimum vorhanden ist. Nun haben meine früheren Untersuchungen (bei Sporodinia) ergeben, daß solche verwendbare C- und N-Verbindungen nicht in einem ganz konstanten Verhältnis bei dem Aufbau des Plasmas gebraucht werden, so daß hier bestimmte Variationsgrenzen in dem Verhältnis dieser beiden Nährstoffgruppen zulässig sind, ohne daß die quantitative Myzelbildung dadurch beeinflußt wird. Dagegen spielt das Verhältnis der gelösten Nährstoffe zum Wasser für die quantitative Produktion an Pilztrockensubstanz eine wesentliche Rolle. Zwar kann gerade bei diesen Pilzen beobachtet werden, daß das Myzelium die gelösten Substanzen und das Wasser nicht bloß in demjenigen Verhältnis aufzunehmen vermag, in welchem sie verbraucht werden, sondern daß die Zellen das Wasser in größerem Überschuß aufnehmen, wenn man die Nährstoffe in entsprechenden Verdünnungen darreicht. Dann kann man aber regelmäßig konstatieren, daß das überschüssig aufgenommene Wasser von den Fadenzellen nachträglich in Form von tränenartigen Tropfen wieder ausgeschieden wird. Dies hat ja bekanntlich dem echten Hausschwamm den Namen Lacrymans eingetragen. Man kann nun aber beobachten, daß die Tränenbildung unterbleibt, je mehr sich das Verhältnis der in dem künstlichen Substrat dargebotenen gelösten Nährstoffe zum Wasser der Zusammensetzung der optimalen, d. h. derjenigen Nährlösung nähert, welche die betreffende Art für den Aufbau der Pilzsubstanz unmittelbar verbrauchen kann. Die Konzentration der optimalen Nährstofflösung ist aber bei allen Pilzen eine verhältnismäßig hohe.

Verwertet man Malzextrakt, ein Nährsubstrat, das die besten Nährstoffe in dem Verhältnis enthält, in welchem sie von der grünen Pflanze (Gerstenpflanze) zum Aufbau ihres Pflanzenkörpers gebraucht wird, so beobachtet man bei den Myzelien des echten Hausschwammes noch in 10% Lösungen die Ausscheidung von Wassertropfen. Erst ein ca. 20%iger Malzextrakt-Nähragar hat einen Myzelbelag von völlig tropfenfreier Oberfläche. Die Myzelien werden inhaltsreicher, weißglänzender, während sie in sehr verdünnten Lösungen einen hyalin durchsichtigen Inhalt besitzen. Völlig irrtümlich ist die Meinung, der man ab und zu noch in Laienkreisen begegnet, daß die „Tränen" des echten Hausschwammes Niederschlagswasser seien.

Unter den Meruliusarten ist der wilde Hausschwamm — Merulius silvester — durch das größte Wasserausscheidungsvermögen charakterisiert. Offenbar vermag er die Nährlösung in erheblich größerer Verdünnung aufzunehmen als Domesticus. Es ist hiernach leicht verständlich, daß der Pilz in der Zeiteinheit um so mehr Nährstoffe aufnehmen und Pilzsubstanz daraus aufzubauen vermag, je mehr sich das Verhältnis der dargebotenen Nährstoffmischung der Zusammensetzung der optimalen Verbrauchslösung nähert. Geht die Konzentration der Nährlösung aber

über dieses Optimum erheblich hinaus, so wird das Erntegewicht und die Myzelentwicklung schnell abnehmen und Hemmungserscheinungen auftreten, da das Myzelium jetzt die schwere Arbeit zu leisten hat, das Wasser der konzentrierten Nährlösung zu entziehen.

Es ist nun noch zu erwähnen, daß die verschiedenen Arten bei Darbietung ein und derselben Nährstofflösung einen verschieden starken Myzelbelag ausbilden und daß wir hierin einen Ausdruck für die spezifische Wachstumsstärke des betreffenden Organismus erblicken. So bildet Merulius sclerotiorum nur einen dünnen fädigen Myzelbelag, Merulius domesticus zeigt hingegen unter denselben Kulturbedingungen in derselben Zeit eine so starke Myzelbildung, daß die Oberfläche von einem

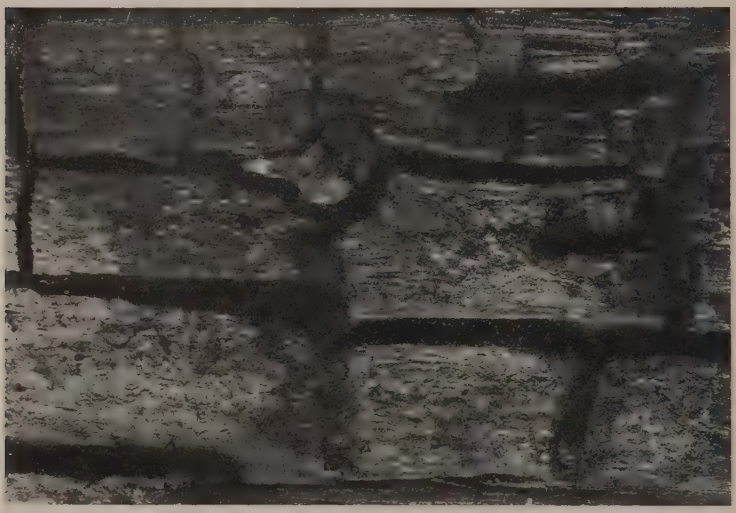


Abb. 48. Destruktion des Holzes.
Dielenbrett, zerstört durch Merulius domesticus. Herbst- und Frühjahrsholz wird gleichmäßig zerstört, die großen Würfel sitzen auf der unzersetzten Lamelle der mit Ölfarbe gestrichenen Dielenoberfläche. Orig. verkl.

dichten weißen Myzelfilz bedeckt erscheint. Merulius silvester endlich hält zwischen beiden schätzungsweise etwa die Mitte. Es ist bei gleicher Arbeitsweise also möglich, diese drei holzzerstörenden Pilze in unseren Kulturen nach der Stärke ihrer Myzelausbildung zu unterscheiden. Die letztere ist zugleich ein Maßstab für die spezifische Wuchskraft der betreffenden Art.

g) Holzzerstörung. Die eigentlichen Zerstörungsvorgänge, über welche die holzbewohnenden Basidiomyzeten verfügen, haben wir uns also auf Grund des bei der Ernährung Gesagten als Wirkungen holzauflösender Kräfte (Fermente) zu denken. Jeder Holzzerstörer verfügt über eine ihm eigentümliche fermentative Kraft seiner Myzeleinheit.

Diese und die Wuchskraft bedingen die spezifische Zerstörungskraft. Die Festigkeit der Holzsubstanz beruht auf einer Verhärtung und Imprägnierung des aus Zellulose gebildeten Zellengerüstes durch sog. inkrustierende Substanzen. Die Myzelien der Pilze sollen nun imstande sein, durch ein Enzym (Hadromase) diese inkrustierenden Substanzen von der Zellulose abzuspalten und durch ein zweites besonderes Enzym (Cytase) die frei gewordene Zellulose zu lösen. Doch ist bei diesen Untersuchungen noch nicht berücksichtigt, daß wir zwei ganz verschiedene Zersetzungsprozesse unterscheiden müssen: Destruktion und Korrosion und daß Zellulose nur bei der letzteren intermediär gebildet wird bzw. auftreten kann. Über die chemische Natur dieser verschiedenen Zersetzungsvorgänge und der Abbauprozesse überhaupt ist zurzeit genaueres noch nicht bekannt geworden.

Abb. 49. Würfelförmige Destruktion der dünnen Lamellen des Frühjahrsholzes, welche der weniger zersetzten Herbstholzschicht ansitzen. Künstliche Reinkultur von Lenzites abietina. Orig.

Je nachdem nun die Myzelien der holzzerstörenden Pilze die Holzsubstanz nach der einen oder der anderen Weise zersetzen, unterscheidet man Destruktionsfäulen und Korrosionsfäulen.

Abb. 50. Durch Domesticus destruierte Holzwürfel aus dem Innern eines zersetzten Fichtenbalkens. Sie zeigen glatten, muschelartigen Bruch, das Holz ist zwischen den Fingern zerreiblich und hat kohleartige Beschaffenheit. Orig.

Die gemeinsamen Kennzeichen der Destruktionsfäulen sind die folgenden:

1. Die formale Struktur des Zellgerüstes bleibt im mikroskopischen Zerstörungsbilde intakt erhalten. (Erst in späten Stadien der Zersetzung

treten sichtbare Schwunderscheinungen ein: Trockenrisse, Verkürzungen und Einsenkungen in den Zellmembranen).

2. Makroskopisch treten Schwunderscheinungen auf, besonders die Schwundspalten, die im allgemeinen in der Längsrichtung der Tracheiden, sowohl in der Richtung der Jahresringe, wie radial verlaufen. Diese Längsspalten entsprechen Querspalten, so daß größere gleichmäßig zerstörte Holzmassen in unregelmäßige würfelähnliche Stücke zerfallen. (Abb. 48 u. 49.) Die Größe dieser Würfelbildung entspricht der Dicke der zerstörten Holzlamellen.

3. Es tritt eine gleichmäßige Vermürbung und Verkürzung der Zellwände und eine totale Entfestigung des zusammenhängenden und bis auf den Schwund gestaltlich noch unveränderten Zellenkomplexes ein. (Abb. 50.)

4. Zugleich mit der Vermürbung wird das Holz kohlebrüchig (glatter, matt glänzender Querbruch).

5. Nach völliger Zersetzung bleibt eine mehr oder weniger dunkelgefärbte kohleartige Restsubstanz bestehen, die immer noch ein ziemlich gut und vollständig erhaltenes Skelett des Zellenbaues darstellt.

Diese Destruktionsfäulen werden durch die Mehrzahl der hier in Betracht kommenden Holzzerstörer, z. B. die Meruliusarten, Polyporus vaporarius, die Lenzitesarten usw. hervorgerufen.

Einen grundsätzlich verschiedenen Charakter haben dagegen die Korrosionsfäulen (Abb. 51), die in ihrer Wirkung wie folgt gekennzeichnet sind:

1. Im mikroskopischen Zerstörungsbilde bleibt der Zusammenhang der Zellmembranen nicht bestehen, sondern es tritt dort, wo die Pilzfäden einwirken, eine totale Auflösung der Membranen ein, wodurch Löcher etc. sichtbar werden (Korrosionen). Auf diesem Wege werden allmählich die gesamten Membranen mehr oder weniger vollständig aufgelöst.

2. Die Erscheinungen des Schwindens treten weder im mikroskopischen, noch im makroskopischen Zerstörungsbilde auf: in fortgeschrittenen Zersetzungsstadien entstehen vielmehr auch im makroskopischen Bilde Korrosionserscheinungen, indem sich zunächst Löcher oder streifenartige Höhlungen bilden, die später zu mehr oder weniger großen Korrosionskomplexen zusammentreten. Hier liegen selbst bei stark zerstörten Hölzern auf kleinem Raum noch die verschiedensten Zersetzungsstadien dicht beisammen, während bei der Destruktion die Zersetzung sich sofort ganz gleichmäßig über die ergriffenen Holzkomplexe ausdehnt.

3. Die im Korrosionskomplex noch bestehende Holzsubstanz zeigt nicht die Vermürbung und den Kohlebruch der Destruktionsfäule, sondern besitzt soweit sie überhaupt noch substanziell vorhanden ist, relative Festigkeit und Zusammenhalt. Es bleibt bei dieser Zerstörungsart keine kohleartige Restsubstanz bestehen, sondern meist ein wabenartig ausgefressenes Holzgerüst, dessen weitest zerstörte Komplexe mehr oder weniger entfärbt erscheinen.

4. Die Erreger der Korrosionsfäule bauen die Holzsubstanz ab, indem sie die einzelnen Bestandteile derselben ohne vorherige tiefgreifende Zersetzung auflösen und in allmählichem Fortschritt vollkommen aufzehren.

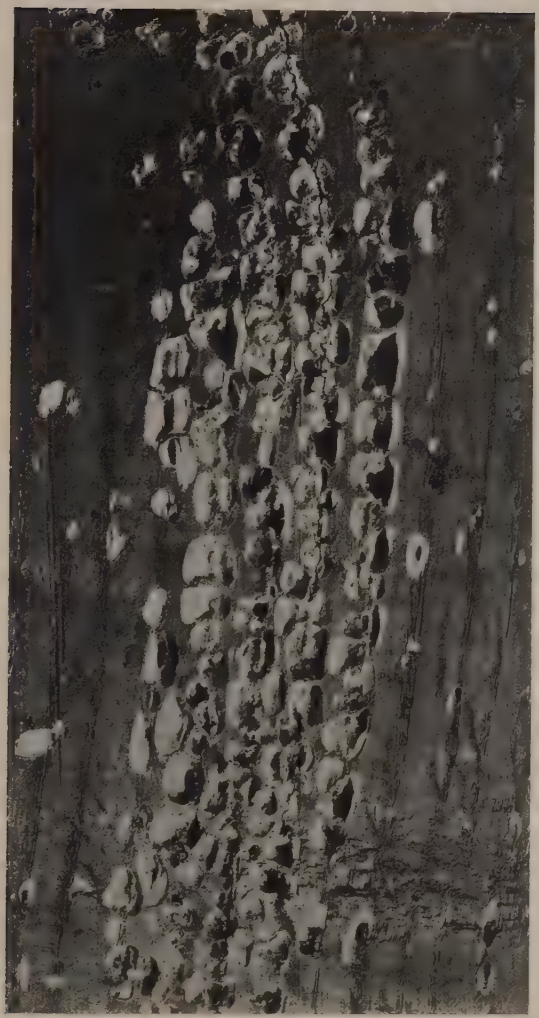


Abb. 51. Korrosionsfaules Eichenholz im dritten Stadium typischer Löcherkorrosion (durch Telephora perdix). a Erstes Stadium: Verfärbung und beginnende Korrosion. b Zweites Stadium: Scharf begrenzte Holzauflösung mit Zelluloseskelett. c Drittes Stadium: Lochartige Höhlung, meist noch mit Zelluloseresten. Die zwischen den Löchern zunächst verbleibenden Holzbrücken sind vollkommen intakt und die Holzsubstanz im ganzen zeigt weder Schwund noch Vermürbung. Orig.

Diese verschiedenen Charaktere des Zerstörungsbildes bei der Destruktion und Korrosion sind darauf zurückzuführen, daß der Chemismus der Holzzerstörung in beiden Fällen ein grundverschiedener ist. Bei den Erregern der Destruktionsfäule erfolgt die Zerstörung sehr gleichmäßig unter tiefgreifender Zersetzung des Holzes (der Zellulose, einschließlich der inkrustierenden Substanzen), wobei freies Wasser und gewisse wasserlösliche Substanzen gebildet werden, während es sich bei den Korrosionsfäulen im wesentlichen nur um einen Lösungsprozeß zu handeln scheint, und zwar werden erst die inkrustierenden Substanzen (Pektin-Ligninstoffe) der Holzsubstanz aufgelöst, da in späteren Stadien reine Zellulose nachweisbar wird.

Bei beiden Prozessen erfolgt die Zersetzung des Holzes außerhalb der Pilzzellen, bei der Korrosion aber nur in den unmittelbar an den Faden angrenzenden Holzteilchen, während bei der Destruktion die Holzlamellen auf verhältnismäßig weite Entfernungen hin gleichmäßig und gleichzeitig zersetzt werden, so daß man hier von einer enzymatischen Fernwirkung sprechen kann.

Die bei der Zerstörung verbleibenden Holzreste besitzen also, je nachdem es sich um Korrosion oder Destruktion handelt, eine sehr verschiedene chemische Zusammensetzung, und zwar ist diese Restsubstanz bei der Destruktion viel reicher an Kohlenstoff im Verhältnis zu den übrigen Elementen, als beim korrosionsfaulen Holz.

Nach Hartig enthält:	Gesundes Kiefernholz		Korrosionsfaul: Durch Trametes zersetztes Kiefernholz Substanzverminderung von 100 : 52,6		Destruktionsfaul: Durch Polyporus mollis zersetztes Kiefernholz Substanzverminderung von 100 : 33,3	
		aschefrei		aschefrei		aschefrei
C	51,48 %	51,65 %	50,71 %	51,25 %	60,75 %	61,23 %
H	6,11 „	6,13 „	5,86 „	5,93 „	5,65 „	5,69 „
OxN	42,09 „	42,22 „	42,37 „	42,82 „	32,82 „	33,08 „
Asche	0,32 „		1,06 „		0,78 „	
C : OxN (auf aschefreie Substanz bezogen)	100 : 81,74		100 : 83,55		100 : 54,02	

Anschließend sei noch bemerkt, daß das Verbleiben einer kohlenartigen Restsubstanz, das Auftreten von Wasser und leichtlöslichen organischen Substanzen, ferner die Schwunderscheinungen und die Kohlebrüchigkeit von den Destruktionsfäulen ganz an die bei der Erhitzung des Holzes unter Luftabschluß eintretenden tiefgreifenden Zersetzungserscheinungen erinnern.

h) Wasseraufnahmefähigkeit zerstörter Hölzer. Im destruktionsfaulen Holz ist die Struktur derart verändert, daß es Wasser in erheblich kürzerer Zeit und in größeren Mengen aufzunehmen vermag, als die entsprechende gesunde Holzsubstanz. Taucht man Würfel aus destruktionsfaulem Tannenholz in Wasser von konstanter Temperatur und stellt nach bestimmten Zeitabständen durch Wägung die aufgenom-

menen Wassermengen fest, so zeigt sich, daß die Wasseraufnahmefähigkeit um so größer ist, je stärker die Holzstücke von der Fäule angegriffen sind. Es konnte beispielsweise festgestellt werden, daß lenzitesfaules Holz bereits nach 5 Minuten im Mittel 92% und nach 40 Minuten 287,8% vom Trockengewicht an Wasser aufgenommen hatte. Durch Bestimmung der Wasseraufnahmefähigkeit läßt sich also der Grad der Zersetzung eines Holzes zum Ausdruck bringen.

Da in der Praxis vielfach die schon im lebenden Stamm von parasitischen Holzzerstörern angegriffenen, in ihrer Festigkeit aber noch nicht nennenswert geschädigten Balkenhölzer für Bauzwecke verwendet werden, so ist die Frage von praktischer Bedeutung, inwieweit durch die häufigsten parasitischen Holzfäulen die Wasseraufnahmefähigkeit des Bauholzes vermehrt werden kann.

Es ist daher auch trametesfaules Kiefernholz in zwei verschiedenen Zersetzungsstadien geprüft worden im Vergleich zu gesundem Kiefernkernholz. Während das gesunde Kieferkernholz nach einer Stunde 11,5% Wasser aufnimmt, wird von trametesfaulem Holz 70 resp. 166% Wasser aufgenommen. Im Vergleich zum lenzitesfaulen Holze ist die Wasseraufnahmefähigkeit trametesfaulen Holzes jedoch nur als eine verhältnismäßig geringe zu bezeichnen.

i) Hemmung des Myzelwachstums durch mykozide Substanzen. Die Hemmungswirkungen, die wir bei der Betrachtung der Temperatur-, Trockenheit- und Ernährungseinflüsse kennen lernten, waren ausschließlich physikalischer Natur. Von praktischem Interesse sind nun die Hemmungseinflüsse chemisch wirksamer Substanzen, da die letzteren als sog. mykozide Substanzen eine bedeutsame Rolle bei der Bekämpfung und Prophylaxe der Holzzerstörer spielen. Gelegentlich der Betrachtung der Keimung von Basidiomyzetensporen begegneten wir gewissen Säuren, die von entschieden hemmendem, resp. giftigem Einfluß auf den pilzlichen Organismus sind. Es gibt aber noch weit wirksamere Gifte, die, bereits in verhältnismäßig sehr geringen Mengen dem Substrate beigegeben, die Myzelien der Holzzerstörer hemmen und schließlich abtöten.

Über die Ursachen der Giftwirkungen dieser mykoziden Substanzen und über die Vergiftungsvorgänge, die sich im Innern der Zellen abspielen, ist nur in den seltensten Fällen etwas Näheres bekannt geworden. Auch sind wir immer nur in der Lage, die Zusammensetzung des außerhalb der Zellen befindlichen Nährmediums mit Bezug auf den Gehalt und die Mischung giftiger Substanzen zu bestimmen und beliebig zu variieren.

Als Maß der Giftigkeit hat man bisher stets die Konzentrationsgrößen benutzt, d. h. Konzentrationen derjenigen Lösungen, die den Organismus abtöten, wenn sie mit ihm in ausreichend lange Berührung gebracht werden. Die Wachstumsgeschwindigkeit, als der meßbare Ausdruck der Lebensenergie der Fadenpilze, wird aber schon bei weit niedrigeren, noch keineswegs abtötend wirkenden Konzentrationsgraden der mykoziden Substanzen gehemmt, so daß durch die Messung der verringerten Wachstumsgeschwindigkeit recht eigentlich die entwicklungshemmende Kraft irgendeiner mykoziden Substanz auf das Genaueste bestimmt

werden kann, da die Einflüsse der Zeit, der Temperatur usw. damit gleichzeitig berücksichtigt sind. Für die Praxis wird allerdings die Bestimmung desjenigen Wirkungsgrades ausreichen, durch den die Entwicklung soeben vollständig sistiert ist, so daß ein weiterer Fortschritt des Myzelwachstums unmöglich ist.

In ganz analoger Weise, wie bei den supraoptimalen Temperatureinflüssen, verläuft nun auch die Hemmungskurve nach Zusatz bestimmter chemischer Substanzen zum Nährboden, und es hängt von der Giftigkeit der betreffenden Substanz einerseits und der Empfindlichkeit des Pilzes andererseits ab, innerhalb wie weiter Konzentrationsgrenzen der Hemmungsabstieg zu verfolgen ist. Substanzen, die schon in sehr geringen Konzentrationen Hemmung oder Stillstand der Wachstumsbewegung herbeiführen, kommen als Desinfektionsmittel gegen die Holzzerstörer in Betracht.

Vor allem sind es Benzolderivate und Verbindungen der Fluorwasserstoffsäure, die in der Praxis schon länger als Schwammbekämpfungsmittel herangezogen werden. Unter den zuerst genannten Substanzen sind die Dinitrophenole Chemikalien von höchsten Hemmungswerten, die auch wegen ihres billigen Preises zum Zwecke des Holzschutzes in erster Linie in Frage kommen.

Was die Empfindlichkeit der Vegetationskörper der Holzzerstörer anbetrifft, so hat sich ergeben, daß sie wesentlich sensibler sind, als die der Schimmelpilze und daß schon verhältnismäßig geringe Konzentrationen der mykoziden Substanzen genügen, um eine wirksame Wachstumshemmung herbeizuführen.

Nun ist aber zu bedenken, daß die Wirkung der Substanzen in wässerigen Substraten viel intensiver ist als unter natürlichen Verhältnissen, wo dem pilzlichen Organismus keine flüssigkeitsgesättigten, sondern „luftfeuchte" Substanzen zur Verfügung stehen; es können die Resultate, die wir den künstlichen Agar-Agar-Kulturen entnehmen, nicht ohne weiteres auf die natürlichen Verhältnisse übertragen werden. Es müssen daher immer auch Versuche mit getränkten oder gestrichenen Hölzern in luftfeuchtem Zustand ausgeführt werden, und es ist auch dann noch zu verlangen, daß die für praktische Zwecke anzuwendende Konzentration der Imprägnierflüssigkeit über die durch solche Untersuchungen festgestellten Prozente der absoluten Hemmungskonzentration des betreffenden Imprägniermittels womöglich hinausgeht.

δ) Biologie der holzzerstörenden Basidiomyzeten.

Wenn wir die in der Kultur studierten physiologischen Verhältnisse der Basidiomyzetenmyzelien mit ihren unter natürlichen Bedingungen beobachteten biologischen Eigenarten vergleichen, so läßt sich ein gewisser Zusammenhang dieser Erscheinungen nicht verkennen. Vor allem stehen die oben betrachteten Temperatur-, Feuchtigkeits- und Wachtumsverhältnisse der Myzelien mit den entsprechenden biologischen Faktoren der natürlichen Vegetationsgebiete, der Standorte der Pilze, im Einklang.

Die Mehrzahl der holzzerstörenden Pilze bewohnt in der Natur Holzteile, die mit der feuchten Erde mehr oder weniger direkt in Ver-

bindung stehen, weil hier die günstigsten Bedingungen für die Lebenstätigkeit der Mycelien, besonders die genügende Feuchtigkeit, dauernd vorhanden sind. Daß auch die Temperaturverhältnisse, die an der Erdoberfläche im Laufe des Jahres gegeben sind, mit den Temperaturmaxima der Pilze nahezu übereinstimmen, ist durch Versuche nachgewiesen worden.

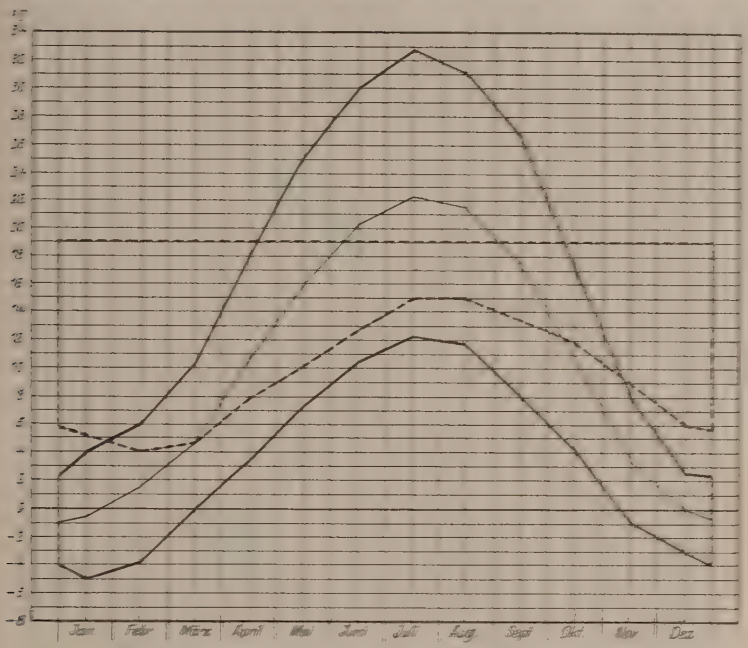


Abb. 52. Jahreskurven der mittleren Monatstemperaturen.

- - - - - - schraffierte Linien: im Hause.
unterste Linie: mittlere tägliche Temperatur des Kellers.
oberste Linie: mittlere tägliche Temperatur der geheizten Räume.
——— volle Linien: an der freien Erdoberfläche.
– – – mittlere Linie: mittlere Tages-Temperatur.
——— unterste Linie: tägliche Minima.
——— oberste Linie: tägliche Maxima.

Die vorstehende Kurve der im Laufe eines Jahres an der Erdoberfläche herrschenden Temperaturen ist nach den Durchschnittszahlen

zahlreicher regelmäßiger Messungen gezogen, die auf einem Versuchsfelde in Breslau unmittelbar an der Erdoberfläche ausgeführt wurden (Abb. 52).

Der maximale Wert von 32,6°, bis zu welchem die Kurve ansteigt, entspricht nun der, für den Temperaturumfang des Myzelwachstums an der Erdoberfläche vorkommenden Holzzerstörer ermittelten Zahl von ca. 34°, die mittlere Tagestemperatur in der Zeit des sommerlichen optimalen Kurvenstandes ist auf 22—24° zu veranschlagen. In dem vorliegenden Falle handelt es sich, wie schon gesagt, um Holzsubstanzen, die der feuchten Erde direkt oder doch möglichst nahe anliegen und um eine größere Zahl von holzzerstörenden Pilzen, die an diesen Standorten leben. Diese bilden die Standortsgruppe der erdnahen Pilze, die als Geoproximyzetengruppe bezeichnet worden ist.

Ihnen kann eine zweite Gruppe von holzzerstörenden Pilzen gegenübergestellt werden, welche die von der Erde mehr oder weniger entfernt gelegene Holzsubstanz bewohnen. Sie sind als erdferne Holzbewohner oder Geodistomyzeten bezeichnet worden. Es kommen hier besonders Zäune, Brückengeländer, Telegraphenstangen (oberer Teil) u. a. Holzwerk in Betracht, das mit dem feuchten Erdboden nicht mehr in direkter Beziehung steht und dementsprechend auch veränderten Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnissen unterliegt. Die so gelagerten Holzteile bieten den Sonnenstrahlen zumeist wagerechte Flächen dar; außerdem ist die Wärmeableitung im Vergleich zu den an der feuchten Erdoberfläche gelagerten Substanzen eine verhältnismäßig geringe, so daß die Temperatur 40 und mehr C-Grade erreicht; auch die mittlere Tagestemperatur ist eine entsprechend höhere. Mit diesen Verhältnissen stimmen die für das Lenzitesmyzel ermittelten Werte (s. Abb. 47) so gut überein, daß die biologische Beziehung zwischen den Organismen und ihrem Standorte hier ebenfalls klar zutage tritt. Größere der Erdoberfläche aufliegende Stämme usw. zeigen in ihren oberen Teilen die Verhältnisse der letztgenannten, in den unteren die der erstgenannten Standorte; sie sind dann auch von der entsprechenden Organismengruppe bewohnt.

Hiernach kann erwartet werden, daß auch die Myzelien der ausschließlich im Hause vorkommenden Pilze die entsprechenden Einstellungen aufweisen. Gegenüber den beschriebenen Verhältnissen in der freien Natur ist nun das Haus hinsichtlich seiner Temperatur ebenfalls besonders charakterisiert. Weder die jährlichen noch die täglichen Temperaturschwankungen der freien Natur lassen sich im Hause beobachten. Nach Flügge soll die Temperatur des Hauses im Sommer nur Schwankungen zwischen 19—20° aufweisen. Nimmt man hiernach eine mittlere Temperatur des Hauses von 19° an, so kommen während des ganzen Jahres und auch während des Tages nur Abweichungen von höchstens 7—8° in Betracht. Die mittlere Temperaturschwankung um den Mittelwert würde darnach ca. 3—4° betragen. In dem Kurvenbilde verläuft daher die mittlere Temperatur des Hauses als eine fast gerade Linie. Die so gegebenen Verhältnisse würden aber im wesentlichen nur für die heizbaren Räume des Hauses zutreffen. Als Standort für einen Holzzerstörer kommen aber vorzugsweise die meist ungeheizten und daher niedriger temperierten Flure und Treppenhäuser,

ganz besonders die Kellerräume in Betracht, in denen auch die günstigsten Feuchtigkeitsverhältnisse gegeben sind. Die Kellerräume sind der häuslichen Temperaturregulierung am meisten entzogen. Sie haben ihre eigenen sehr gleichmäßigen Temperaturverhältnisse, die in dem Kurvenbilde (Abb. 47) durch eine entsprechende Linie zum Ausdruck gebracht worden sind. Vergleicht man ihren Verlauf mit derjenigen an der Erdoberfläche und in den bewohnten Räumen, so zeigt sich, daß die Kellerlinie nicht mehr den ausgesprochenen Verlauf der Erdoberflächenkurven besitzt, sondern sich mehr dem geraden Verlauf der Hauslinie nähert.

Ganz entsprechende Abweichungen zeigen nun, wie wir gesehen haben, auch die Temperaturwerte des echten Hausschwammmyceliums im Gegensatz zu den übrigen Myzelien holzzerstörender Pilze. Der auffällig niedrige Temperaturumfang des Myceliums von 27—28° entspricht demjenigen des Hauses, dessen Maximum mit 26—27° in Rechnung gesetzt werden kann. Die optimale Temperaturzone des Hausschwammes von 16—22° entspricht den Schwankungen der mittleren Tages- und Jahrestemperatur von 17—23°. Man kann daher den echten Hausschwamm als Vertreter einer dritten biologischen Standortsgruppe (Domesticomyzeten) ansprechen, deren Sonderstellung in wirtschaftlicher Beziehung hierdurch zugleich beleuchtet wird.

Anhang.

Übersicht über die praktisch wichtigen Holzzerstörer und ihre Beziehungen zueinander.

Abgesehen von den, im Vorangehenden behandelten biologischen Gruppen der im Hause vorkommenden Arten, lassen sich die holzzerstörenden Pilze im allgemeinen nach weiteren biologischen Gesichtspunkten in zwei Gruppen unterscheiden. Die Vertreter der einen Gruppe befallen den lebenden Baum, sind also Parasiten, während die der anderen Gruppe nur auf totem Holz zu gedeihen vermögen und deshalb den Saprophyten zugezählt werden; nur verhältnismäßig wenige Arten sind zugleich als Saprophyten und Parasiten von Bedeutung. Die echten parasitischen Holzzerstörer haben die höheren Temperaturwerte der erdfernen Gruppe, aber nicht die Befähigung zur Trockenstarre; sie leben in dem gefällten Holz, sobald es erstmalig ausgetrocknet ist, nicht mehr fort und kommen deshalb für die Holzzerstörung auf den Holzplätzen und in den Häusern nicht in Betracht; sie haben eine vorwiegend forsttechnische Bedeutung. Es bleibt nun die große Gruppe saprophytischer Holzzerstörer übrig, die im Walde an Baumstümpfen und anderem toten Holzwerk in außerordentlich zahlreichen Vertretern vorkommt. Bautechnisches Interesse haben jedoch nur diejenigen Arten, die im Herbst und Winter fruchten, das Holz nach der Fällung und Bearbeitung befallen und sich schnell und kräftig darauf fortentwickeln.

Demnach behält also nur eine kleine Abteilung von Basidiomyzeten bautechnische Bedeutung. Es sind dies dieselben Pilze, die überhaupt auch außerhalb des Waldes weiterleben und weiter zu fruchten pflegen und besonders als Bewohner schlecht gehaltener Holzplätze nahezu

vollzählig anzutreffen sind. Nach der systematischen Zusammengehörigkeit der wichtigsten Arten sind sie seither in folgender Weise gruppiert worden:

I. Merulius-Gruppe.
Merulius domesticus, M. silvester, M. minor, M. sclerotiorum.

II. Polyporeen-Gruppe.
Polyporus vaporarius und nahestehende Formen.

III. Lenzites-Gruppe.
Lenzites abietina, L. sepiaria und L. thermophila.
Daedalea quercina und weitere Arten dieser Gattung.

IV. Telephoreen-Gruppe.
Coniophora cerebella und verwandte Formen.
(Hypochnus-Arten. Corticium-Arten.)

V. Agaricineen-Gruppe.
Paxillus acheruntius,
Lentinus squamosus.

Den Bedürfnissen der Praxis wird aber eine weitere biologische Gruppierung dieser Holzfäule mehr entsprechen. Diese kann folgendermaßen gegeben werden:

I. die in lebenden Bäumen vorkommenden „Stammfäulen".

II. Die während der „freien Luftlage" des bearbeiteten Holzes vegetierenden „Lagerfäulen" (Lenzites-Gruppe, dazu Lentinus squamosus) lassen sich

III. von den „Hausfäulen im engeren" Sinne abtrennen.

Die verbauten Holzteile, welche dem Befall im Hause unterliegen, sind von geschlossenen Lufträumen umgeben, in denen sich ein gewisser Feuchtigkeitsgehalt dauernd erhalten kann. Es handelt sich hier also um Pilze, die bei „geschlossener Luftlage" des Substrates wachsen, wie dies für die oben nach ihren Temperaturwerten unterschiedenen Geoproximyzeten und Domesticomyzeten zutrifft. Es kommen aber nur diejenigen Arten in Betracht, die wir in den Häusern allgemein antreffen. Diese lassen sich nun mit Rücksicht auf die in der Praxis eingeführten Begriffe nach Art und Intensität der Holzersetzung wie folgt unterscheiden:

1. Echter Hausschwamm, durch Merulius domesticus verursacht, pflegt von vorerkranktem Holz auszugehen.

2. Trockenfäule durch alle übrigen Erreger verursacht, insbesondere durch Polyporus vaporarius und verwandte Arten, Coniophoraarten, Paxillus acheruntius, Merulius silvester und minor.

3. Die ersten Stadien der durch Coniophoraarten bewirkten Zersetzung werden als „angegangenes" oder „vorerkranktes" Holz bezeichnet. Auch lagerfaules Holz kann als vorerkrankt gelten.

Der echte Hausschwamm, M. lacrymans (Schum.) = M. domesticus (Falck) wird mit Recht für den gefährlichsten Zerstörer verbauten Holzes angesehen; er bringt gleichsam das zerstörende Prinzip zur Vollendung und bewirkt die mit Bräunung, Vermürbung und starkem Schwund verbundene vollständige Zersetzung des Holzes.

Für die praktische Beurteilung ist die Unterscheidung von Merulius minor und Merulius silvester vom echten Hausschwamm (Merulius domesticus) besonders wichtig, da beide diesem zum Verwechseln ähnlich sind, aber in ihrer Zerstörungskraft nicht an domesticus heranreichen und etwa der Paxillusfäule gleichzustellen sind.

Paxillus acheruntius und Merulius minor sind bisher nur auf vorerkranktem Holze beobachtet worden, während Polyporus vaporarius sowie Merulius domesticus und Merulius silvester alsbald auf gesundes Holz übergehen. Da ferner anzunehmen ist, daß die Hölzer, die mit den Sporen von Coniophora infiziert sind, zugleich auch die Keime der Paxillus acheruntius resp. Vaporariusarten enthalten, so wird die Zersetzung nur dann auf reine Coniophorafäule beschränkt bleiben, wenn die Entwicklungsbedingungen nur verhältnismäßig kurze Zeit oder in solchem Grade einwirken, daß die übrigen Erreger nicht erst zur Ausbreitung kommen können. Reine Coniophorafäule wird daher in den weitaus meisten Fällen nur als primäres Stadium der Verschwammung (Angehen) des Holzes in den Häusern anzusehen sein. Können dann die übrigen Erreger (Paxillus acheruntius, Vaporarius usw.) nachfolgend zur Entwicklung kommen, so geht die Zersetzung über dieses primäre Stadium erheblich hinaus. Das Holz wird in der Regel soweit destruiert, daß auf der Oberfläche die beschriebenen destruktiven Schwunderscheinungen hervortreten; damit ist der Austritt, sowie die Ausbreitung eines entsprechend kräftigeren Oberflächenmyzels verbunden. So bedingt das Hinzutreten der Myzelien von Polyporus vaporarius zu vorangegangener Coniophorafäule die typischen schweren Fälle der sog. Trockenfäule, die früher auf den Polyporus vaporarius als den alleinigen Urheber dieser Zersetzungsform zurückgeführt wurden. Wie aus der obigen Gruppierung zu ersehen ist, kommen somit neben Polyporus vaporarius als Erreger der Trockenfäule in erster Linie die Coniophoraarten (Coniophora cerebella, Coniophora merulioides u. a.) in Betracht. Arten dieser Gattung sind an allen Orten, wo Holz mit der feuchten Erdoberfläche in Berührung kommt, besonders auf Holzplätzen ganz allgemein verbreitet und jede in unbehandeltem Zustand verwertete Holzsubstanz kann als coniophorainfiziert betrachtet werden. Bei Zutritt von Feuchtigkeit während oder nach der Verbauung keimen die Coniophorasporen unmittelbar aus und die entstehenden Myzelien sind, wie erwähnt, von allen bekannten Holzzerstörern durch die größte Wachstumsgeschwindigkeit ausgezeichnet. Der zur Verdunstung des in neu aufgeführtem Mauerwerk und den ihm angrenzenden Holzteilen enthaltenen Wassers erforderliche Zeitraum ist wohl immer ausreichend, um eine mehr oder weniger erhebliche Ausbreitung der Coniophorafäule zu ermöglichen.

Das derartig von der Coniophorafäule ergriffene Bauholz befindet sich — wie schon gesagt — in einem ersten Zersetzungsstadium und ist

nunmehr für den Befall durch die nachfolgenden sekundären Hausfäulen disponiert; im besonderen haben die Stoffwechselprodukte der Coniophorafäule den Säuregrad des Holzes erhöht und auf diese Weise die für das Auskeimen der Sporen des echten Hausschwammes geeigneten Bedingungen geschaffen.

Auch die Lenzitesfäule sowie die übrigen Lager- und Stammfäulen disponieren das befallene Holz für die nachfolgenden Hausfäulen, indem sie es z. T. chemisch aufschließen, sein Wasseraufnahmevermögen erhöhen und im Innern des Holzes Zugänge (Schwundstellen) schaffen, durch welche die kompakte Holzsubstanz für das Eindringen der Infektionskeime und der Myzelien anderer Fäulniserreger leichter zugänglich wird. So bestehen bei einer Reihe holzzerstörender Basidiomyzeten bestimmte Beziehungen zueinander derart, daß die einzelnen Krankheiten einander ablösen, indem die voraufgehenden den folgenden die Entfaltung erst ermöglichen oder erleichtern.

Gehen wir nun noch zu einer speziellen Betrachtung der einzelnen Holzerkrankungen und ihrer Erreger über, so wird dies im Interesse der Praxis am besten so geschehen, daß wir, gestützt auf die vorangeschickten allgemeinen Ausführungen, unser hauptsächlichstes Augenmerk jetzt auf die Charaktere der Krankheit und ihrer Erreger lenken, die eine genaue Bestimmung der Erkrankung in jedem einzelnen Falle ermöglichen. Wenn dabei die Aufführung der Charaktere keine vollständige ist, so ist dies dadurch bedingt, daß bisher noch nicht alle erwähnten Holzzerstörer gleich eingehend studiert werden konnten wie die Merulius- und die Lenzitesfäulen.

c) Hausschwamm.

α) Makroskopische Charaktere.

A. Myzelien.

Meist gestatten schon die Krankheitsbilder an Ort und Stelle der Holzerkrankung auf den ersten Blick eine Diagnose. Am Ort der Zerstörung kann sich zunächst der Krankheitserreger in seinen vegetativen Zuständen (Myzelien und Strängen) der Untersuchung darbieten. Nicht selten zeigen sich große Flächen von ausgedehnten Myzelien bedeckt (Abb. 53). Charakteristisch für den echten Hausschwamm (Merulius domesticus) sind die polsterförmigen bis fingerdicken Myzelbeläge, die beim Bloßlegen unerheblich zusammensinken. Im frischen, jungen Zustande strahlig weiß, sind sie nach rückwärts, d. h. nach den Ausgangsstellen ihres Wachstums zu meist weißlich grau, im Alter grau verfärbt. Stellenweise zeigen sich auch gelbe Verfärbungen, die auf Hemmungen des Wachstums an den betreffenden Stellen hindeuten. An der Peripherie ist häufig ein weißer bis zentimeterhoher Zuwachsrand, der den Ort des fortschreitenden Wachstums darstellt, scharf abgegrenzt.

Der wilde Hausschwamm (M. silvester) tritt in dünneren Belägen auf, die sich nach rückwärts mehr oder weniger vollständig in einzelne Stränge ausdifferenzieren (Abb. 36).

Das Myzel von Merulius minor unterscheidet sich habituell durch die weichere, weniger dichte und zarte Beschaffenheit von dem des M. silvester. Auch fehlt bei ihm besonders an den Aufreißstellen jede Faserstruktur im Gegensatz zu Merulius domesticus und M. silvester

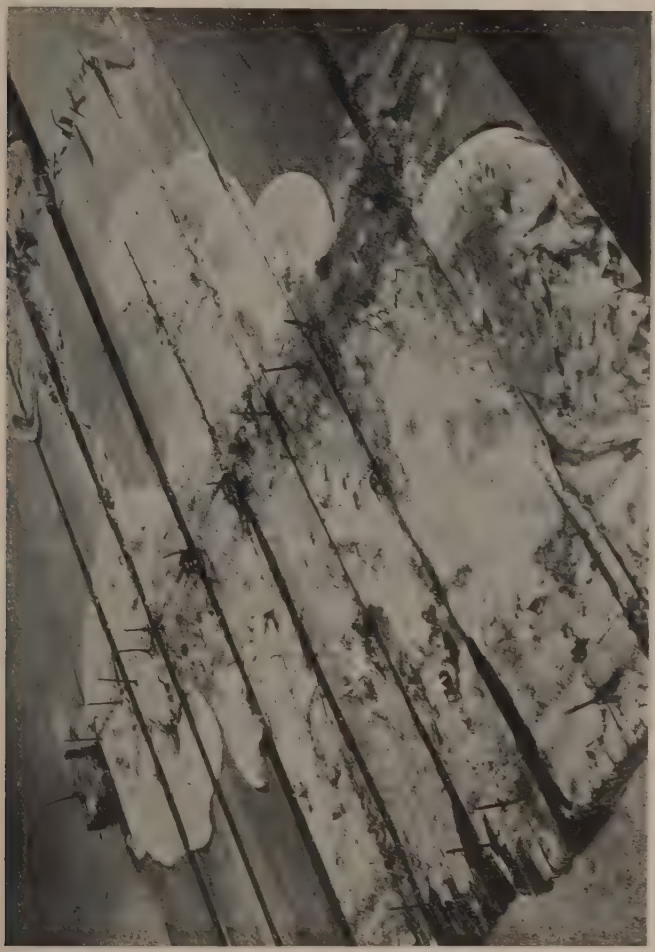


Abb. 53. Die Ausbreitung des Myzeliums von Merulius domesticus unter der Diele eines Zimmers im feuchten Unterdielenraum. Bei ⅛ Fruchtbildung.

Das Myzel von M. minor tritt oft in seidenpapierartigen Häutchen und Fleckchen, besonders im Innern der befallenen Holzsubstanz auf (Abb. 54). Auch ist es durch eine mehr gelblich-graue Altersverfärbung von dem der beiden anderen Spezies unterschieden.

Das Myzelium von M. sclerotiorum endlich bildet dünne gelbgefärbte Beläge, die fast bis nach vorn in Stränge ausdifferenziert, und habituell mit den drei anderen Meruliusarten nicht zu verwechseln sind.

Die jungen Myzelien, vor allem die ersten Entwicklungsstadien der Meruliusarten, lassen sich nur schwer voneinander unterscheiden, auch die Myzelien des echten Hausschwammes sind dann wenig charakteristisch und könnten selbst auf mikroskopischem Wege nicht erkannt werden, sofern es nicht gelingt, aus den Substraten, auf welchen sie vorkommen, Reinkulturen herzuleiten.

Wenn die von M. domesticus befallenen Holzteile der Unterlage genügend dicht anliegen, so werden die Myzelien, die zwischen beiden wachsen, beim Aufnehmen der Holzteile zerrissen. Bei starker Entwicklung reißen sie in der Richtung des Faserverlaufes ziemlich weit nach hinten auf und hängen beiderseits in Lappen herunter. Die so beim Aufreißen entstehenden frischen Spaltflächen der Myzelbeläge sind glatt, seidenglänzend und meist fein faserstreifig, bei sehr üppigen zahlreichen Zuwachszonen tritt aus den verletzten Myzelstellen ein fleischrötlicher Zellsaft aus. Bei M. silvester dagegen sind derartig dichte mit glatten seidenglänzenden Spaltflächen aufreißende Myzelien noch nicht nachweisbar gewesen, und bei M. minor kommen die Myzelien immer nur als wattige, mehr flockig aufreißende Beläge zur Beobachtung.

B. Stränge.

Haben sich die Myzelien nach rückwärts zu Strängen ausdifferenziert, so liegen in diesen Gebilden weitere Merkmale von ausgezeichnet diagnostischem Wert vor. Sie lassen sich oft (Abb. 36) wurzelähnlich weite Strecken lang von ihrer Unterlage abziehen. Bei jungen Belägen ist die Differenzierung meist noch nicht zu der vollkommenen Deutlichkeit fortgeschritten, jedoch treten auch hier beim Betupfen der Myzelbeläge mit den Fingern die Stränge oft schon hinreichend deutlich in die Erscheinung. Da aber das Bild der Stränge bei ein und derselben Meruliusart, je nach den Stadien ihrer Entwicklung und Ernährung, sehr verschieden ist, so können bei der Unterscheidung der verschiedenen Arten an der Hand dieser Organe nur die Endstadien der Strangdifferenzierung in Frage kommen, und diese pflegen wir auch gewöhnlich in der Praxis anzutreffen. Sie können daher eine Diagnose meist schon auf den ersten Blick gestatten.

Am vollkommensten vollzieht sich die Ausdifferenzierung bei M. silvester (Abb. 36). Man bemerkt in der Regel ein System isolierter Stränge, die in ihrer sauberen Ausdifferenzierung die größte Ähnlichkeit mit dem Wurzelsystem höherer Pflanzen besitzen. Die einzelnen Stränge erreichen Bindfadendicke; bis zu 3 mm wurden die Durchmesser beobachtet. Die Rinde dieser Gebilde ist meist dunkelbraun gefärbt, glatt und löst sich beim Präparieren als zusammenhängende Schicht wie eine Oberhaut leicht von der übrigen Strangmasse ab.

Bei M. domesticus ist die Ausdifferenzierung keine so vollständige (Abb. 54). Indessen erreichen, entsprechend der stärkeren Myzel-

ausbildung. die einzelnen Stränge eine erheblichere Stärke, von Bleistiftdicke bis zu 1 cm Durchmesser. Oft differenzieren sich auch noch erheblich breitere Bänder aus. Ihre Färbung ist am häufigsten grau bis braun. Zwischen den Strängen bleiben meist Myzelreste bestehen und veranlassen somit das weniger scharf hervortretende Bild des M. domesticus-Strangsystems. Erst wenn diese Myzelteile im Alter vergehen oder durch Tiere, wie Insekten, Milben, Asseln abgefressen oder abgetragen werden, bleiben vollständig vereinzelte Stränge bestehen.

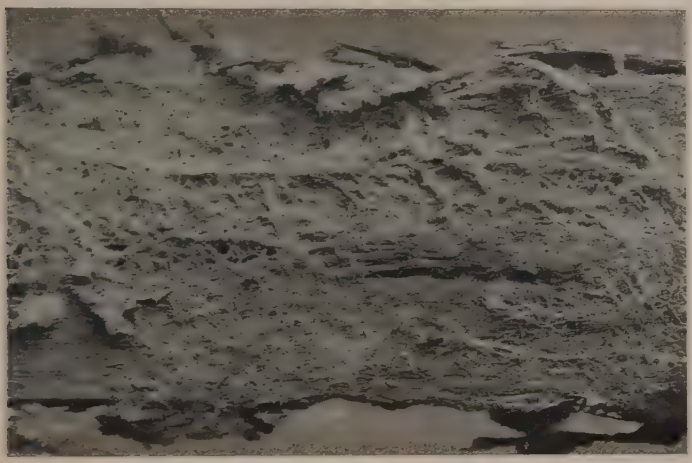


Abb. 54. Strangbild von Merulius domesticus auf der Unterseite eines Balkens.

Bei M. minor kann häufig eine unvollständige Differenzierung der Stränge konstatiert werden. Dichtzusammenhängende, papierartig dünne Myzelhäute finden sich vor, in welchen sich entweder keine oder ganz unvollständige Stränge ausgeschieden haben. Oft kann erst durch Bestreichen der Oberfläche mit den Fingern oder in der Durchsicht die Strangbildung wahrgenommen werden. Jedoch kommen auch bei M. minor isolierte Stränge vor, haben aber dann im Alter nicht den wurzelähnlichen Habitus, sind hell, schmutzig weiß, mörtelartig uneben, bzw. ohne rindenartige Oberfläche; sie sind bis 5 mm dick beobachtet worden.

Beim Benetzen durch Wasser, etwa beim Präparieren, treten gleichfalls Unterschiede in den Strängen der verschiedenen Meruliusarten hervor. Die Stränge von M. domesticus und M. silvester benetzen sich sehr leicht, färben sich gleichmäßig mehr oder weniger braun und sind immer etwas derb. Die Stränge von M. minor dagegen sind, wenn man sie mit Wasser aufweicht, weich und widerstandslos, ohne sich in allen Teilen schnell und gleichmäßig zu benetzen. Auch sind sie in trockenem Zustande nicht so holzähnlich starr und zerbrechlich wie die M. domesticusstränge.

Die Stränge von M. sclerotiorum endlich, die sich in der unmittelbaren Nähe der Fruchtkörper in humösen Erdschichten vorfinden, sind stets ausdifferenziert, zwirnfadendick, lehmgelb und mit kleinen eiförmigen senfkorngroßen Knötchen (Sclerotien) bedeckt. Die Stränge von M. sclerotiorum sind mit denen der anderen Meruliusarten nicht zu verwechseln.

C. Holzzerstörungsbilder.

Wie allgemein bei der im voraufgegangenen charakterisierten Destruktionsfäule kann auch bei den Meruliusarten ein Zerfall in würfelförmige Stücken eintreten, wobei die Größe dieser Würfel der Dicke der zerstörten Holzlamellen entspricht, da Herbst- und Frühjahrsholz in der Regel gleichmäßig zerstört wird. Übrigens ist dieser Zerfall in Würfel dieselbe Erscheinung, die man auch an einseitig verkohlten Hölzern beobachtet.

Abb. 55. Holzdestruktion durch Merulius minor. Natürliches Spalt- und Bruchbild eines von M. minor befallenen Lagerbalkens im Innern von seidenpapierartigen Myzellappen durchsetzt. (Aus Mykolog. Cnt. u. Ber. H. I.)

Es sind nun 2 Stadien der Zersetzung zu unterscheiden: 1. Im ersten frisch durchwachsenen Stadium ist das Holz schon gleichmäßig vermürbt, so daß man es mit dem Fingernagel leicht eindrücken kann (nagelmürbe). Es ist lehmgelb verfärbt, zeigt, solange es frisch ist, noch keine Schwundrisse, hat aber schon einen glatten, faserlosen Bruch und ist gleichmäßig durchfeuchtet. In diesem Zustand ist das Holz sehr infektionskräftig; sobald es in einen feuchten Raum gebracht wird, strahlt es allseitig die Hyphen des Oberflächenmyzels aus. 2. Das zweite Stadium ist charakterisiert durch das Auftreten der Schwunderscheinungen und eine dunklere Verfärbung des Holzes. Unter Umständen kann der Pilz nach dem Auftreten der ersten Schwundrisse noch einmal Oberflächenmyzel bilden, welches nun die Spalten ausfüllt. Bei M. silvester finden sich dann in solchen Spalten rein ausdifferenzierte Stränge, bei M. minor dagegen die seidenpapierähnlichen Myzellappen (Abb. 55).

Die Richtung und Anordnung der Schwundspalten hängt davon ab, ob und an welchen Stellen die zersetzten Holzteile mit unzersetzten zusammenhängen. Bei M. domesticus und M. silvester pflegt die Zersetzung des Holzes bis zu dunkelbrauner Verfärbung, vollständiger Vermürbung und kohleartiger Beschaffenheit fortzuschreiten. Am stärksten pflegen

die Schwunderscheinungen bei M. domesticus aufzutreten; die Zersetzung ist hier am stärksten, die kohleartige Beschaffenheit des Holzes am deutlichsten. Bei Dielen, die von Myzelien des M. domesticus stärker angegriffen werden, reicht die Zersetzung bis zur obersten Lamelle; in der Abb. 56 ist die Breite der Schwundrisse ersichtlich. Neben dem stärkeren Schwund der befallenen Unterseiten macht sich zumeist auch eine Verziehung und Verkürzung der befallenenen Oberseiten bemerkbar. Dielenbretter zeigen die bekannte stark konvexe Auswölbung der Oberseiten, wodurch der Breitendurchmesser verkürzt, die Fugen vergrößert werden und die Nagelköpfe sich in das Holz einsenken. Bei M. minor bleibt das Holz etwas heller und der Schwund ist geringer.

Wie wir schon hervorhoben, greifen die Holzzerstörer mit Oberflächenmyzelien die Holzsubstanz von außen an, eine von außen nach innen

Abb. 56. Von M. domesticus befallenes Fichtenbrett im Querschnitt. a Die oberflächliche Myzellage. b Die destruierte Holzschicht mit starken Schwundspalten. c Die nicht angegriffene Holzlamelle an der Brettoberseite.

fortschreitende Zersetzung bewirkend. Es gibt nun Fälle, die diesem Prinzip zu widersprechen scheinen. So zeigt die Abb. 57 das Innere eines von M. silvester gleichsam ausgehöhlten Kiefernstammes. Untersucht man aber, auf welchem Wege die Zerstörung erfolgt ist, so ergibt sich, daß M. silvester in einen durch Wurzelfäule (Polyporus sistostremoides) befallenen Stamm, vom Wurzelkopf ausgehend, eindringen, das bereits destruierte Holz befallen und den Splintholzzylinder von innen her weiter angreifen konnte.

Ähnliche innere Zersetzungen durch den echten Hausschwamm können vorkommen, wenn M. domesticus vom Hirnschnitt her in das Innere der Balkenköpfe eindringt, während die seitlichen Oberflächen nicht angreifbar sind (Abb. 58).

D. Fruktifikationsbilder.

Die Fruchtkörper des echten Hausschwammes treten in den Häusern vorzugsweise an den Unterseiten befallener Decken auf. Da der Pilz meist nur im Erdgeschoß zur ausgedehnten Entwicklung kommt, pflegen wir größere Fruchtkörper desselben an den Kellerdecken anzutreffen. Wenn der Pilz in den nachfolgend beschriebenen kräftigen fingerdicken Fladen auftritt, kann man über seine Identität nicht im Zweifel sein. Jedoch kommt er auch in dürftiger Ausbildung hin und

wieder zum Vorschein und man wird dann, besonders zur Unterscheidung von M. minor immer auf die mikroskopische Prüfung angewiesen sein.

Ist die Fruktifikation an den Unterseiten verhindert, z. B. in Erdgeschoßräumen, die nicht unterkellert sind, dann erfolgt sie an den Oberseiten. Aus allen Fugen des Dielenbelages quellen dann die Fruchtkörper hervor, zwischen den Dielenritzen, an den Kanten der Fußleisten, aus den Fugen hölzerner Türbekleidungen usw. (Abb. 59.) Werden sie entfernt, so pflegen sie an derselben Stelle schnell regeneriert zu werden. In bewohnten Räumen kann ein Hervortreten derartiger Fruchtkörper immer nur auf den echten Hausschwamm (M. domesticus) bezogen werden. Daß Fruchtkörper auch in geschlossenen Hohlräumen, z. B. unter den Dielen entstehen können, zeigt Abb. 53. An den Stellen, die den Dielenfugen angrenzen, sind dort Krustenfrüchte entstanden. Es kann dann durch die Dielenfugen hindurch die Verbreitung der Sporen erfolgen.

Während also die Fruchtkörper von M. domesticus in allen Räumen des Hauses auftreten können, konnten die Früchte von M. silvester hier bisher nur vereinzelt und nur im Keller beobachtet werden.

Abb. 57. Innere Holzdestruktion durch Merulius silvester. Hohle Kiefernklobe, deren kohlenartig zersetztes Kernholz bei der Bearbeitung größtenteils ausgefallen ist. Zwischen den Schwundspalten verhaufen Stränge des Pilzes. Verkl.

Die Fruktifikation von M. minor in den Häusern ist gleichfalls bisher nur in den Kellern nachgewiesen worden und zwar scheinbar nur an Hölzern, die dauernd oder mindestens lange Zeit in unmittelbarer Berührung mit feuchten Substraten (feuchte Mauern, Erdboden) stehen; ein Vordringen in trockenere Teile des Hauses ist nie beobachtet worden. Auf der Oberfläche von Kellermauerwerk ist der Pilz viele Jahre hintereinander an derselben Stelle beobachtet worden, ohne daß das befallene Holzsubstrat, welches sich wahrscheinlich jenseits der Mauer befand, festzustellen war.

Desgleichen ist M. sclerotorium bisher nur an Kellerdecken nachgewiesen worden.

Sonst stimmen die vier Meruliusarten in ihren Fruktifikationsbildern in den Häusern darin überein, daß sie vorzugsweise an den Decken

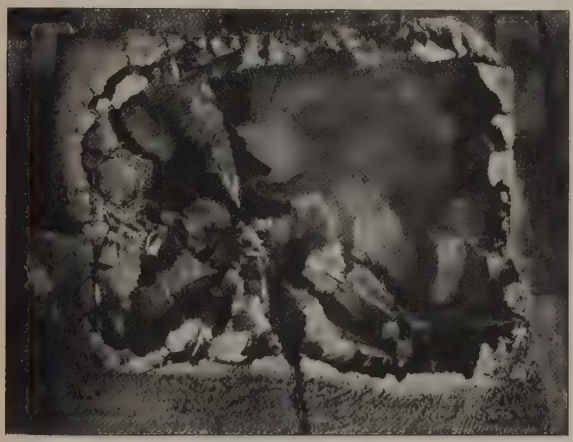


Abb. 58. Innere Holzdestruktion eines Ständers durch Domesticus von der Hirnfläche ausgehend. Aus einem Mansardengeschoß. Verkl.

und Wänden der Kellerräume, oft verhältnismäßig weit entfernt von den befallenen Holzsubstraten zur Entwicklung kommen. Dies beruht auf der Fähigkeit der Myzelien, feuchte Mauern und Zwischenfüllungen mit Leichtigkeit zu durchwachsen, um dann beim Austritt an den nächsten größeren Luftraum die Fruchtkörper auszubilden. Die Wachstumsrichtung verläuft dabei in der Regel in der Richtung nach einem steigenden Feuchtigkeitsgefälle hin, wie es in feuchten Kellern gegenüber den darüber gelegenen Fußböden gegeben ist.

Es wird sich nun zum besseren Verständnis der Unterschiede in den Fruktifikationsbildern der einzelnen Meruliusarten empfehlen, eine kurze Betrachtung über die Typen und den Aufbau der Meruliusfruchtkörper einzuschalten in Anlehnung an die entsprechenden Ausführungen im allgemeinen Teile.

1. Platten- und Krustenfrüchte. Bei üppiger Ernährung zeigt sich eine wohlausgebildete Fruchtkörperplatte mit mehr oder weniger deutlicher radialer Struktur des Plattengewebes, die sich beim Zerreißen kundgibt. An der Peripherie der Platte tritt immer eine aus Haupthyphen gebildete dichte weiße Myzel-Zone mit scharfbegrenztem Rand hervor. Dies ist die Zuwachszone d. h. diejenige Region des Fruchtkörpers, die durch fortgesetztes Wachstum den Fruchtkörper so lange vergrößert, als Nahrung herbeigeschafft wird, bis schließlich jene erstaunlich großen Gebilde zustande kommen, die zuweilen die Fläche der Kellerdecke meterweit im Umkreis bedecken.

Abb. 59. Fruchtkörper des echten Hausschwammes treten an den Fugen einer Türbekleidung im Wohnzimmer hervor. (Aus Mykolog. Unters. u. Ber. I.)

Ist die Ernährung eine dürftigere, so kommt auch ein entsprechend dürftigeres Plattensystem zur Entfaltung, das schließlich in äußerst dünnen Schichten auftritt, so daß der Fruchtkörper sich als zusammenhängendes Gebilde kaum noch ablösen läßt. Dann nimmt auch die fortwachsende Randzone eine mehr fädige Struktur an, so daß die scharfe Begrenzung des Randes aufhört. Auch das bei gut ernährten Fruchtkörpern zwischen der Fruchtkörperplatte

und dem Hymenium stets auftretende wohlausgebildete und entsprechend stark vergallertete Gewebe der Tramaschicht ist bei dürftigen Fruchtkörpern sehr reduziert, ebenso die faltige Ausbildung des Hymeniums, die schließlich ganz fehlen kann, so daß bei sehr dürftigen Bildungen nur noch ebene Hymenien vorliegen. Fruchtkörper, die dem Substrat vollständig angewachsen sind, sind als Krustenfrüchte bezeichnet worden. Jedenfalls kann also die verschieden starke Ernährung Formen entstehen lassen, deren Zusammengehörigkeit nach ihrem äußeren Habitus zweifelhaft sein kann und nur durch mikroskopische Untersuchung der anatomischen Elemente oder durch kulturelle Prüfung nachweisbar ist.

Die Plattenfruchtkörper nehmen nun je nach der Orientierung am Substrat verschiedene Formen an, wie dies schon im allgemeinen Teil ausgeführt wurde. Auf der Oberfläche des Substrates, etwa auf dem befallenen Fußboden, können sich unter günstigen Verhältnissen trichterförmige Hüte auf einem stielartigen Polster mit schräg nach oben gewachsener Platte und grauer schwachfilziger Hutoberfläche ausbilden. Das Hymenial ist dann auf der Außenseite des Trichters inseriert und schräg nach unten gerichtet.

An Seitenflächen dagegen entstehen konsolenartige Gebilde mit wagerecht gewachsenen Platten und lotrechtgestellten Hymeniumfalten. Solche freien Konsolenfrüchte sind bei M. silvester, M. minor und M. sclerotorium nicht beobachtet.

Die den Substratflächen anliegenden und angewachsenen Plattenfruchtkörper (die sog. Fruchtscheiben) kommen am häufigsten vor und sind allen vier Meruliusarten eigen. Sie sind der Substratfläche nur lose angeheftet und lassen sich von ihr unschwer lösen. Sie kommen vorzugsweise auf den Unterseiten des Substrates (als ventrale Scheiben) vor, aber auch auf Seitenflächen (laterale Scheibe). Gelegentlich sind auch die funktionslosen Formen auf der Oberfläche von Dielen zu beobachten, wenn die Ausbildung der normalen Formen nicht möglich ist (auf nicht unterkellerten Erdgeschoßfußböden).

2. Fruchtkörperfarben. Die Färbung der Fruchtkörper setzt sich zusammen aus der eigentlichen Farbe des Hymeniums und der Farbe der Sporen. In jungen Plattenfruchtkörpern befindet sich dicht hinter dem weißen Zuwachsrande eine schmale Zone, in welcher das Hymenium vollentwickelt ist, die Sporenreifung aber noch nicht begonnen hat. Hier tritt die Farbe der hymenialen Oberfläche rein in die Erscheinung. Dicht dahinter folgt eine Zone, in der die intensiv gelbe Sporenfarbe wie ein feiner Hauch die Hymeniumfarbe überzieht. Im Zentrum überwiegt schließlich die Farbe der Sporen. Jedoch ist sowohl die Farbe des Hymeniums sowie die Sporenfarbe keine völlig einheitliche und konstante. Bei Fruchtkörpern im Keller ist die Farbe des jungen Hymeniums in der Regel rötlichgelb bis fleischrot[1]). Die im Freien und in Kulturen gebildeten Fruchtkörper zeigen dagegen ein rein hellgelb gefärbtes Hymenium. Je üppiger entwickelt der Fruchtkörper ist, um so

[1]) Tafel I des Heftes VI der Hausschwammforschungen weist eine vortreffliche Abbildung auf, deren mehrfarbige Wiedergabe (als Abb. 60) an dieser Stelle unterbleiben mußte.

intensiver ist die gelbliche und rötliche Färbung; bei dürftigen Formen kann sie vollständig verblassen. Der Farbenton der Sporen ist ebenfalls variabel; so lassen sich bei M. domesticus unter den vorkommenden Abstufungen zwei Nuancen unterscheiden. Eine ziegelrote bis braunrote Farbe findet sich hauptsächlich bei den Sporen der Kellerfruchtkörper. Hellgelb bis braungelb sehen die Sporen bei Fruchtkörpern anderer Entstehungsorte aus. Man kann diese beiden Farbennuancen bei den Sporen und reifen Hymenien ein und desselben Fruchtkörpers künstlich hervorrufen, wenn man sie mit Säuren oder Alkalien behandelt. Der Farbenumschlag tritt sofort ein, wenn man das Hymenium benetzt oder den Dämpfen einer Säure oder des Ammoniaks aussetzt, und zwar läßt sich der Umschlag der Farben beliebig wiederholen. Die in dem Keller gebildeten Fruchtkörper stehen offenbar unter der Einwirkung der alkalischen Reaktion. Sie gehen auch verhältnismäßig leicht in Fäulnis über und nehmen bald einen penetranten, unangenehmen Geruch an, während die im Freien auf der Unterseite von Brettern oder in Reinkulturen gebildeten Fruchtkörper eine ausgesprochen saure Reaktion haben und entsprechend helle Sporenfärbung zeigen.

β) Mikroskopische und physiologische Charaktere.

Lassen die jeweils vorliegenden makroskopischen Merkmale einer Holzerkrankung und ihres Erregers eine zuverlässige Diagnose noch nicht stellen, so können die vorhandenen Zustände des Pilzes mikroskopisch und physiologisch noch weiter geprüft werden. Die einzelnen aufeinanderfolgenden Myzelarten der holzzerstörenden Pilze und die morphologischen Charaktere derselben wurden schon in dem allgemeinen Teile näher beschrieben. Hier sollen diese Angaben noch etwas vervollständigt und durch Vergleichung eine Unterscheidung der einzelnen Meruliusarten voneinander ermöglicht werden.

A. Myzelien.

Liegt ein junges lebendes Oberflächenmyzel vor, so läßt sich der Nachweis seiner Zugehörigkeit zur Merulius-Gruppe in folgender Weise erbringen. Bringt man derartig bewachsenes Holz unter eine feuchte Glocke, so strahlt nach wenigen Tagen ein glänzend weißes, kräftiges Myzelium aus (Abb. 33), das seiner morphologischen Beschaffenheit nach sekundäres Oberflächenmyzelium ist. An den einzelnen Myzelfäden stehen die primären, d. h. die zuerst ausgebildeten Schnallen einzeln, am zweiten und dritten Nodium kann die Sprossung dieser Schnallenzellen, d. h. ihr Auswachsen zu Seitenhyphen, an den folgenden Nodien das Auftreten von gehäuften Schnallen (2—4) beobachtet werden, wenn der Erreger zur Merulius-Gruppe gehört. Im Licht tritt gelbe Hemmungsfarbe auf.

Um nun festzustellen, welche Art der Merulius-Gruppe in dem betreffenden Falle vorliegt, unterwirft man das Myzelium einer physiologischen Prüfung und stellt ihren Temperaturumfang, resp. ihre optimale Temperaturzone fest. Läßt sich bei 26° C deutliche Hemmung

des Myzelwachstums verzeichnen, so kommen nur zwei Arten in Frage: Merulius domesticus und minor. Der erstere ist dann leicht an seinem schnelleren Wachstum und seinen allseitig üppig strahlenden, reinweißen, glänzenden Myzelien sowie durch sofortiges leichtes Übergehen auf künstlichen Nährböden zu erkennen. Ist es schließlich noch möglich, durch Messung festzustellen, daß in 2—3 Tagen das Hyphenvolum der fortwachsenden Spitzen 6—8 μ[1]) im Durchmesser beträgt, so sind damit alle Merkzeichen für Merulius domesticus gegeben.

Merulius minor dagegen wächst nur langsam fort, die Hyphen haben nicht das rein weiße, glänzende Aussehen, sondern zeigen im Gegensatz zu M. domesticus etwas hyalines Aussehen, auftretende Hemmungsfarben sind zitronengelb bis umbrabraun.

Ergibt die Prüfung des vorliegenden Myzeliums hingegen optimales Wachstum bei 26° (während die übrigen genannten Charaktere Übereinstimmung mit denen des M. domesticus aufweisen), so ist der vorliegende Erreger als M. silvester anzusprechen. Der Myzelbelag dieses Pilzes ist indessen quantitativ geringer als bei M. domesticus. Auch ist als Hemmungsfarbe bisher nur gelb, niemals rotgelb beobachtet worden.

Die vierte Art: M. sclerotiorum läßt sich durch die gelbliche Färbung des Myzels und die strangartige Vereinigung in dünne gelbe Fäden leicht von den drei übrigen Meruliusarten unterscheiden.

Soweit die Unterscheidung des ausstrahlenden Myzels der Meruliusarten von dem häufig gleichzeitig vorhandenen und besonders schnell auswachsenden Coniophora-Myzel in Betracht kommt, ist noch folgendes anzugeben: Das Ausstrahlen des Myzeliums aus dem befallenen Holze erfolgt bei der Meruliusgruppe in aufrechten Bündeln, die je von einem Punkte auszugehen scheinen und meist dicht gestellte Rasen bilden. Bei M. domesticus und silvester (bei minor relativ geringer) ist dieses ausstrahlende Myzel, sofern das befallene Holz noch frisch durchwachsen ist, glänzend weiß. Die Myzelien von Coniophora cerebella treten nicht in solchen strahlenden Büscheln aus, sie legen sich alsbald der Oberfläche an und gehen unmittelbar auf das Nährsubstrat über. Nur Coniophora meruliodes tritt mit ähnlichem weißem Myzel hervor, ist aber mikroskopisch leicht zu unterscheiden. Die mikroskopischen Charaktere der Coniophora-Myzelien sind S. 113 Abb. 66 dargestellt.

B. Stränge.

Liegen Strangbildungen vor, so wird die mikroskopische Untersuchung die Diagnose leicht ermöglichen. In den Strängen können wir im wesentlichen zwei verschiedene Elemente unterscheiden:

1. die Gefäß- und Schlauch-Hyphen,
2. die Faserhyphen (und Rindenfasern).

1. Gefäßhyphen. Zerzupft man Meruliusstränge, nachdem man sie (am besten 1—2 Tage) in Wasser eingeweicht hat, so treten besonders Hyphen von stark erweitertem Volumen hervor, die mit Balken-, Wand- und Ringverdickungen ausgestattet sind und keine Scheidewände und

[1]) Mikron (μ) = 0,001 mm.

Schnallen besitzen. (Abb. 37.) Es hat oft den Anschein, als ob das ganze Stranginnere ausschließlich aus solchen dicht nebeneinander liegenden „Gefäßhyphen" zusammengesetzt wäre, und erst in feinen Querschnitten (Abb. 62) solcher Stränge tritt die große Zahl der übrigen Strangelemente der bildenden Fäden und der dünneren Hyphen hervor, welche gleichsam das Grundhyphensystem der Stränge darstellen. (Abb. 61.)

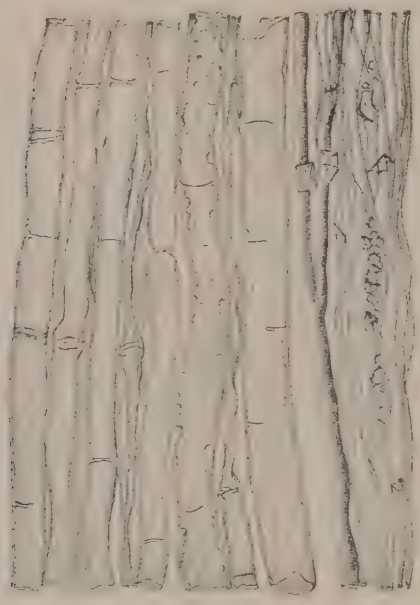


Abb. 61. Längsschnitt (schematisiert) durch einen Strang von M. domesticus. Vergr. ca. 350fach. — Orig. a Faserhyphengruppe mit eingelagerten Kalkoxalatkristallen. b Verzweigte Schlauchhyphe, prall mit plasmatischem Inhalt gefüllt. c Gefäßhyphe mit exzentrisch verlaufenden Balken. d Schwindende Gefäßhyphen. e Gefäßhyphe mit stark verdickten Membranen. f Gefäßhyphe mit Einschnürung. g Gefäßhyphe mit durchgehenden Balken. h Gefäßhyphen mit Ringverdickungen und Balken. i Grundhyphen.

Fassen wir nun die Gefäßhyphen ins Auge, so können wir Verschiedenheiten in der Weite ihres Lumens feststellen, von ganz engen bis zu den weiten und großen Gefäßhyphen. (Abb. 62.) Mit der fortschreitenden lichten Weite wächst auch die Dicke der Membranen; die Dicke der Balken und der sonstigen Wandverdickungen ist verschieden. In der Regel treffen wir die Gefäßhyphen in diesen Zupfpräparaten in inhaltsleerem Zustand an. Außerordentlich häufig sind auch die eingesunkenen, funktionslos gewordenen Gefäßhyphen. (Abb. 61: d.) Nur in verhältnismäßig geringer Zahl treten gefäßhyphenartige, an beiden Enden sich verjüngende Schläuche oder Schlauchhyphen hervor, die mit Inhalt prall gefüllt sind. (Abb. 61: b.)

Es ist nun unter allen Umständen möglich, ältere Stränge von M. domesticus, minor und silvester nach Form, Volum und Größe der Strangelemente zu unterscheiden.

Zunächst sind die Strangelemente des Merulius minor von denen des M. domesticus und M. silvester leicht zu unterscheiden. Die Gefäßhyphen finden sich hier nie in ähnlich lockerem Verbande vor, wie dies für

M. domesticus und M. silvester zutrifft. Bei den beiden letzteren Arten treten in genügend aufgeweichten Präparaten nach leichtem Druck auf das Deckgläschen die einzelnen Gefäßelemente schon auseinander, während sie in dem Strang von M. minor so stark verwachsen bleiben, daß sie sich erst mit Hilfe von Nadeln in ihre einzelnen Elemente zerlegen lassen. Besonders häufig treffen wir hier eingeschnürte Gefäßhyphen an mit armknochenartigen Verdickungen an den Stellen der Einschnürungen, Bildungen, wie sie nur in jüngeren Strängen von M. domesticus und M. silvester anzutreffen sind. Am auffallendsten aber ist es, daß die Gefäßhyphen hier niemals in derselben Größenausbildung wie bei M. domesticus und M. silvester beobachtet wurden. Während die Gefäßhyphendurchmesser hier 50 μ erreichen (bei M. silvester im Mittel 21,4 μ und bei M. domesticus sogar 25 μ im durchschnittlichen Mittel), beträgt die mittlere Weite der Minorgefäßhyphen etwa 13,3 μ, das Maxim. 27 μ, doch kann die Strangdiagnose der drei nächst verwandten Merulius-Arten nicht ausschließlich auf die Unterschiede der Gefäßhyphendurchmesser gestützt werden. Weitere und genauere Anhaltspunkte geben hierfür die im folgenden behandelten Faserhyphen.

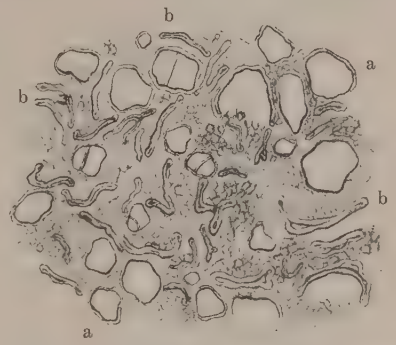


Abb. 62. Querschnitt durch einen Strang von Merulius domesticus. Vergr. ca. 350 fach. — Orig. Das Bild zeigt vornehmlich die Querschnitte der offenen (a) und geschlossenen (b) Gefäßhyphen.

2. Faserhyphen der Meruliusarten (Abb. 37: c) sind allgemein charakterisiert durch gleichmäßig starke Membranverdickungen bei entsprechender Verkleinerung des Lumens. Scheidewände, Schnallen und sonstige Differenzierungen, sowie plasmatische Inhaltsstoffe fehlen. Das stark verengte Lumen ist oft nur als feine Linie wahrzunehmen, in manchen Fällen sind die Faserhyphen scheinbar gänzlich lumenlos. Oft sind diese Hyphen, besonders in den äußeren Schichten, als sog. Rindenfasern der Stränge dunkel bis dunkelbraun verfärbt und dann meist mit Kristallauflagerungen bedeckt. Diese gefärbten Faserhyphen sind als oberflächlich liegende Schutzorgane der Stränge zu betrachten, bei ihrer Bildung spielt aber auch das Alter der Stränge eine Rolle. In den mikroskopischen Präparaten sind die Faserhyphen in der Regel durch einen geraden, starren Verlauf ausgezeichnet, wodurch sie insbesondere von den entsprechenden Gebilden bei Polyporus vaporarius unterschieden sind. Die Faserhyphen der Stränge dieses Pilzes zeigen in mikroskopischen Präparaten immer mehr oder weniger geschmeidig eingerollte und gebogene Linien und nehmen erst im Alter eine etwas starre Beschaffenheit an. Die zahlreich ausgeführten Messungen der Durchmesserwerte der

Faserhyphen haben bei den einzelnen Meruliusarten verschiedene Grenz- und Mittelwerte ergeben. Durch Messen der Faserhyphen lassen sich insbesondere die Stränge von M. domesticus und M. silvester schon in kleinsten Fragmenten sicher unterscheiden.

Bei M. domesticus kann als oberste Grenze des Faservolums 5 μ gelten, nur in vereinzelten Fällen wurden auch 5,5 μ gemessen, der Mittelwert beträgt hier 4 μ.

Bei M. silvester ist die Dicke dieser Fasern bis 3 μ, höchstens 3,5 μ. Der Mittelwert beträgt 2,5 μ.

Die Stränge des M. minor sind von denen des M. minor domesticus und silvester durch das vollständige Fehlen von Faserhyphen unterschieden.

M. sclerotiorum hat wohl dünne Faserhyphen aufzuweisen, die wie die haardünnen Stränge gelb gefärbt sind, doch weichen die Stränge bereits habituell von den anderen Meruliussträngen so weit ab, daß sie nicht zu verwechseln sind.

Die Faserhyphen zeigen überall die Reaktion der Pilzzellulose; mit Chlorzinkjod färben sie sich beispielsweise violett, nur die in der Peripherie der Stränge gelegenen, schon als gefärbte Rindenfasern gekennzeichnete Faserhyphen zeigen diese Reaktion nicht; sie sind zu korkähnlichen Elementen umgewandelt.

C. Fruchtkörper.

Bei allen Fruchtkörpern der Meruliusarten läßt die mikroskopische Untersuchung drei verschiedene Hyphensysteme des Fruchtkörpergewebes unterscheiden:

1. Das basidiale System, gebildet aus der hymenialen Basidienlage und der darunter gelegenen subhymenialen Schicht.
2. Das unter dem Hymenium gelegene Tramasystem, aus den Grundhyphen des Faltengewebes gebildet (Tramahyphen).
3. Das Plattensystem, gebildet aus den Grundhyphen der Fruchtkörperplatten (Plattenhyphen).

1. Das basidiale System. Über die Entstehung der Basidie und überhaupt den Aufbau des Hymeniums wurde schon im allgemeinen Teil berichtet. Unter den behandelten 4 Meruliusarten sind die Basidien von M. sclerotiorum durch ihre kurze gedrungene Gestalt unterschieden. In dünnen Schnitten hat es hier den Anschein, als ob die stark lichtbrechenden Schichten dem darunter gelegenen gallertartigen Subhymenium aufgelagert wären, während bei den übrigen Arten der fädige Zusammenhang immer mehr oder weniger deutlich sichtbar bleibt.

Basidiensporen. Bei den vier Meruliusarten ist die Form des mikroskopischen Sporenbildes je nach der Lage verschieden, ihre Form ist ziemlich regelmäßig elliptisch, nur von der Seitenlage aus betrachtet einseitig mehr oder weniger abgeflacht; der Querschnitt ist schwach oval, nahezu kreisförmig. Über die Unterschiede ihrer Farbe je nach den einzelnen Arten wurde schon gesprochen. Bei der Betrachtung in der Durchsicht zeigt sich, daß die Farbe der Membranen einerseits,

und die des plasmatischen Inhalts und der im Plasma ausgeschiedenen ölartigen Reservestoffe andererseits, zu unterscheiden sind; die Membranen sind stärker gefärbt und bedingen die intensive Farbe der Sporenaufsicht.

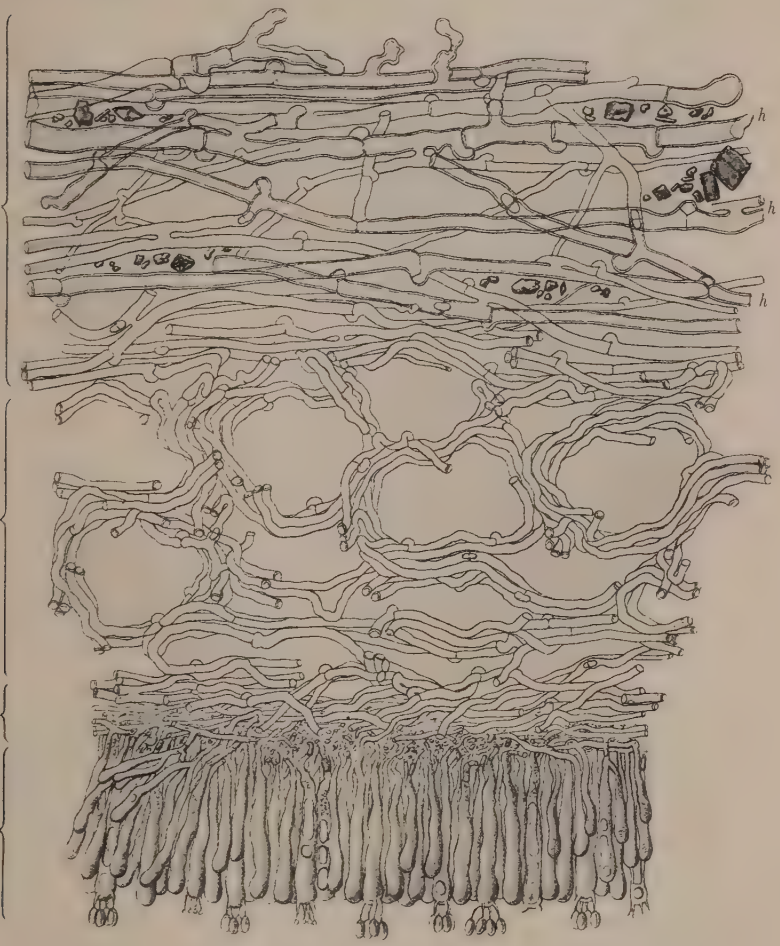


Abb. 63. Radialer Schnitt durch einen Plattenfruchtkörper von M. silvester. Pl Fruchtkörperplatte. h Plattenhyphen im Plattensystem mit geringer Verdickung der Membran; Plattenfasern fehlen. Tr Tramaschicht. Shm Subhymenium. Hm Hymenium. (Nach H. F. VI. Heft, Taf. IV.)

Die Sporengröße der Meruliusarten sind durch zahlreiche Messungen an Sporen verschiedener Provenienz durchgeführt worden, diese Messungen ergaben die folgenden Mittelwerte (fixierte Werte):

M. domesticus mittlere Breite von 5.4 μ, die Länge 9.6 μ.

M. silvester lateral Sporenbreite 5.6 μ, dorsiventral 6.2 μ. Sporenlänge 9,7 μ.

M. minor Sporenbreite: lateral 3.5 μ, dorsiventral 4.2 μ, Länge 5.3 μ.

Die Abweichungen gehen über 10 % dieses Mittelwertes beiderseits nicht hinaus.

2. Das Tramasystem enthält an Inhaltsstoffen arme mit unveränderten, leeren und leblosen Schnallen versehene Hyphen, die Tramahyphen. Ihre Membranen sind gleichmäßig dünn, ohne sekundäre Verdickungen.

Für M. domesticus ist die häufige mehr oder weniger starke Vergallertung charakteristisch. Je nach Üppigkeit der Fruchtkörperbildung variiert die Mächtigkeit der Tramaschicht. Bei ganz jungen oder dürftigen faltenlosen Fruchtkörpern kann die Gallertbildung fast vollständig unterbleiben.

Die Trama der Fruchtkörper von M. silvester und M. minor ist nicht gallertig wie bei M. domesticus. Die Tramahyphen bilden hier ein großmaschiges rohrgeflechtähnliches Gewebe (Abb. 63).

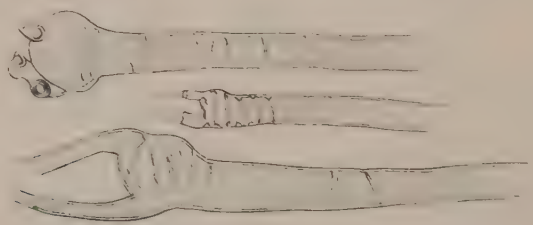


Abb. 64. Tramahyphen von M. sclerotiorum. (Aus H. F. VI. Heft.)

M. sclerotiorum besitzt ein besonderes charakteristisches Tramasystem, welches aus langgestreckten, schnurgeraden eng miteinander verwachsenen starren Hyphen gebildet ist, die Membranen sind meist unverdickt. Besonders charakteristisch sind hier die eigenartigen gefäßartig erweiterten Elemente mit mehr oder weniger ausgesprochenen spiralförmigen Verdickungsleisten (Abb. 64).

3. Das Plattensystem wird aus den Grundhyphen der Fruchtkörperplatten, den Plattenhyphen, gebildet.

Bei den vier behandelten Meruliusarten zeigen diese Plattenhyphen eine verschiedene Ausbildung und Größe; außerdem unterscheidet man

Bildende Fäden,
Gefäßhyphenartige Elemente und
Blindhyphen.

Diagnostischen Wert haben nur die Plattenhyphen. (Abb. 39.)

Bei M. domesticus werden sie faserartig ausgebildet, indem ihre mehr oder weniger stark verdickten, lichtbrechenden Membranen im mikroskopischem Bilde auffällig hervortreten. In einer dicht unter der Oberseite des Fruchtkörpers gelegenen Schicht sind die verdickten Membranen zudem noch gefärbt mit einem grünlichgelben bis oliv-braunen Farbenton. Von den Strangfaserhyphen (Abb. 37: c) sind sie durch den Schnallenreichtum, die zahlreichen Scheidewände und das erheblich größere Volum unterschieden. Hervorzuheben ist ferner, daß meist nur einzelne Abschnitte der Plattenhyphen mit je einer Schnalle an den Verdickungen teilnehmen und sich zu den charakteristischen Fasern umgestalten, während angrenzende Fadenteile oft unverdickt bleiben. Bei Doppelschnallen, die gleichfalls verdickt werden, kommen fußähnliche Anhängsel, sog. Fußzellen, zum Vorschein. Da die Plattenfasern bei den anderen Meruliusfruchtkörpern fehlen, haben sie für die Unterscheidung des M. domesticus besonderen diagnostischen Wert.

d) Trockenfäule.

Für die Trockenfäuleerkrankungen kommen folgende Erreger in Betracht:

α) Der Kellerhausschwamm (Coniophoraarten, besonders Coniophora cerebella), der sich vor allen anderen Holzkrankheitserregern durch seine große Entwicklungsgeschwindigkeit auszeichnet. Die Arten dieser Gruppe können als die verbreitetsten Erreger der bisher als Trockenfäule bezeichneten Holzschäden angesehen werden.

β) Der Porenhausschwamm (Polyporus vaporarius), der besonders in vorerkranktem Holze zur Entfaltung kommt und in seiner Zerstörungskraft dem echten Hausschwamm am nächsten steht.

γ) Der Muschelhausschwamm (Paxillus acheruntius), der praktisch nicht von so großer Bedeutung ist und in seiner Zerstörungskraft etwa M. minor gleichkommt.

α) Der Kellerhausschwamm.

Eingehende Untersuchungen über die morphologischen wie physiologischen Eigenheiten der Coniophoraarten sind noch im Gange und die Ergebnisse derselben werden in einer besonderen Monographie veröffentlicht werden. Bisher hat bereits Prof. Möller im 1. Heft der Hausschwammforschungen Seite 45ff. seine Beobachtungen über Coniophora cerebella niedergelegt und im 6. Heft der genannten Forschungen sind einige Unterscheidungsmerkmale gegenüber den anderen Holzzerstörern angeführt worden. Dem Kellerhausschwamm bzw. der Coniophorafäule hat man bisher wenig Aufmerksamkeit zuteil werden lassen. Sicher ist dieser Pilz mit Merulius sehr oft verwechselt und für Merulius gehalten worden. Die Häufigkeit und Bedeutung seines Vorkommens in den Gebäuden ist unterschätzt worden. Er vermag für sich allein das Holz schließlich vollständig zu zerstören, bewirkt aber meist nur das Angehen desselben und kommt sehr häufig mit den übrigen Erregern zusammen und benachbart vor.

Vier einander sehr nahe verwandte Coniophoraarten treten im Hause auf:

Coniophora cerebella (gelber Kellerschwamm),
„ merulioides (grauer Kellerschwamm),
„ cystidiophora
„ brunnea (= Tomentella brunnea Schröter).

Alle diese Arten kommen neben der allverbreiteten Cerebella sehr häufig vor. Wegen der grauen Verfärbung der Myzelien gibt Coniphora merulioides besonders Anlaß zu Verwechslungen mit Merulius. Sie ist in den verschiedensten Gegenden Deutschlands nachgewiesen worden.

A. Die Sporen.

Die Sporen von Coniophora cerebella sind mit einer glatten, gelbbraunen Membran versehen und ähneln denen des Merulius domesticus. Ihre Gestalt ist aber plumper als die der echten Hausschwammsporen, nicht wie die letzteren einseitig ein wenig abgeflacht, sondern eiförmig ausgewölbt. Sie tragen ebenfalls ein deutlich sichtbares Ansatz-Zäpfchen. Die Größe der Sporen beträgt bei Coniophora cerebella im Mittel 5,5 μ im lateralen, 6,5 μ im dorsiventralen Durchmesser und 10,5 μ in der Längsachse.

Abb. 65. Fortwachsendes Myzelium von Coniophora cerebella auf einem Holzstück. Nat. Gr.

Coniophora merulioides hat kleine rundlich eiförmige Sporen, die im Mittel 6,5 μ in beiden Querdurchmessern und 8 μ in der Länge betragen.

Den Coniophora cerebella-Sporen in den Größenverhältnissen und in der Form ähnlich (6,5 $\times$ 10 μ), nur unterschieden durch die Verschmälerung des apikalen Endes, sind die eiförmigen Sporen von Coniophora cystidiophora. Auch Coniophora brunnea hat eiförmige Sporen von 6,5 μ Quer- und 10 μ Längsdurchmesser.

In dichteren Schichten haben die Sporen der Coniophoraarten braune Farbe.

B. Das Myzelium.

a) Das Oberflächenmyzel. 1. Makroskopisch. Das Myzelium der Coniophoraarten ist in der Jugend oft weiß und kann dann mit dem Merulius domesticus-Myzel leicht verwechselt werden. Es wurden in der Praxis Fälle beobachtet, wo das junge Oberflächenmyzel von Merulioides eine so üppige Entwicklung erreichte, daß es in dicken Myzelwatten ganz ähnlich dem des echten Hausschwammes in die Erscheinung trat. In der Regel finden sich die Coniophoramyzelien aber nur als dünne, fädige, graue oder gelblichgraue spinnwebeähnliche Überzüge, die sich nach rückwärts alsbald in bräunliche meist haarförmige Stränge differenzieren. Durch diese dunkelbraune Verfärbung sind sie äußerlich leicht von den Meruliusvegetationen zu unterscheiden (Abb. 65).

2. Mikroskopisch. Mikroskopisch ist das Oberflächenmyzel der Coniophoraarten charakteristisch von den Myzelien der Hausschwammarten unterschieden. Die Schnallen bilden an den Knoten rund um den Faden gleichsam einen Kranz (Abb. 66). Diese wirtelförmige Anordnung ist ein äußerst wertvolles diagnostisches Merkmal für Coniophora, so daß Verwechslungen mit Meruliusmyzelien ausgeschlossen sind.

Weiterhin ist das Oberflächenmyzel von Coniophora gegenüber den hier in Betracht kommenden Basidiomyzeten durch sein großes Volum ausgezeichnet. Der Übergang von dem dünnfädigen Substratmyzel zu dem breitlumigen Oberflächenmyzel vollzieht sich beim Anwachsen in verhältnismäßig kurzem Anstieg. In der umstehenden Abb. 67 beginnt der Anstieg in einem Faden von 2 μ Durchmesser, im Verlauf von 0,3 mm ist er bis zur Breite von 3 μ, dann in derselben

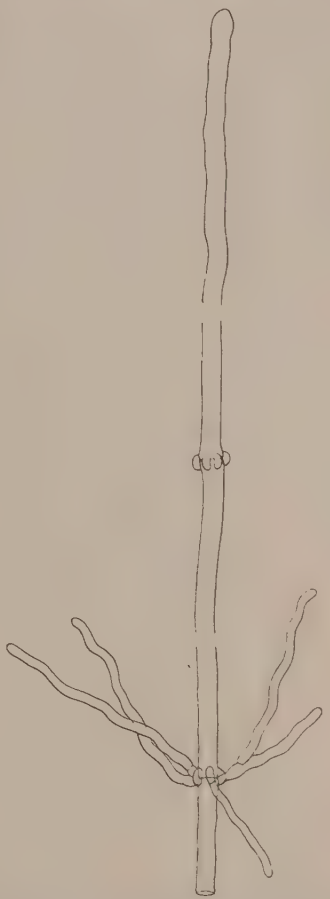


Abb. 66. Fortwachsendes Ende einer Haupthyphe des Oberflächenmyzels von Coniophora cerebella. Die Figur zeigt den charakteristischen Schnallenkranz. Orig.

Entfernung bis 4 μ und schließlich in etwas kürzerem Verlauf bis auf 5 μ angeschwollen. Zugleich mit dem Anschwellen des Volums setzt die vermehrte Bildung der Schnallen ein. Bei allen Haupthyphen, die vom

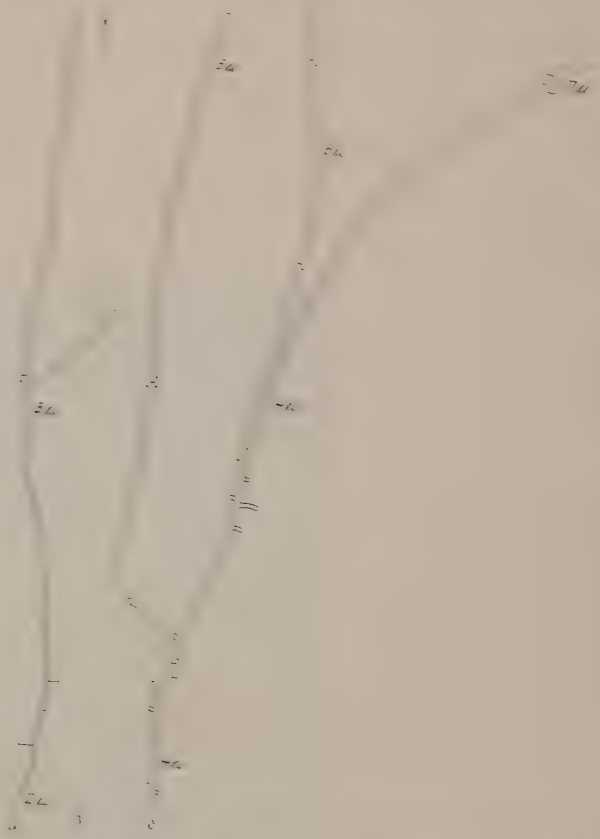


Abb. 67. Anstieg vom primären zum sekundären (Wirtelschnallen-) Myzel bei **Coniophora cerebella.**

a Faden von 2 bis 3 μ ansteigend. b ↑ ist die Fortsetzung des Fadens a bei ↑. c Von 4 bis 7 μ ansteigender Faden, bei 4 μ einfache Schnalle, bei 5 und 7 μ **zweigliedrige Wirtelschnalle. (Nach H. F. VI. H.)**

primären, schnallenlosen Myzel ausgehend verfolgt wurden, konnte immer erst die Entstehung einfacher Schnallen beobachtet werden. Sobald die Faden dann bis zu einer Breite von 4—5 μ angeschwollen

sind, erscheint ein aus zwei gegenüberliegenden Schnallen gebildetes Schnallenpaar. Im weiteren Verlauf des Anstieges zum normalen Volum entstehen dann erst die Schnallenkränze, die schließlich bis aus 8 Schnallen zusammengesetzt sein können.

Als ein Merkmal der Oberflächenmyzelien kann außer der Wirtelschnallenbildung noch angeführt werden, daß sich an den dickeren Hyphen unregelmäßig eingesunkene Stellen des Plasmas finden. Überhaupt ist das Plasma der Coniophorafäden oft mehr oder weniger zusammengezogen und körnelig vakuolig, auch nicht ganz farblos wie bei den Meruliusarten. Die optimale Wachstumszone der Coniophoraarten liegt um 26° C.

b) Das Substratmyzelium. Wie das Substratmyzel der Meruliusarten, so trägt auch das im Innern der Holzsubstanz wachsende Myzelium

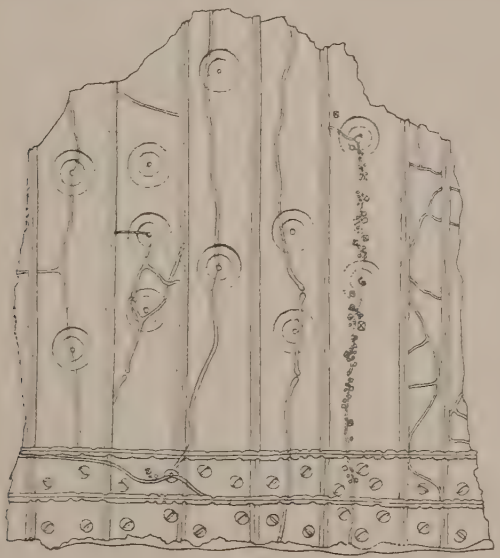


Abb. 68. Radialer Längsschnitt durch coniophorafaules Holz mit charakteristischem Fingermyzel. (Nach H. F. VI. H.)

von Coniophora einfache Schnallen. Das Coniophorasubstratmyzel (Abb. 68) besitzt eine Eigentümlichkeit, darin bestehend, daß im Verlauf der Fäden häufig Unterbrechungen auftreten. Die aneinandergrenzenden Verdickungen der genannten Fädenabschnitte zeigen an diesen Stellen schwach keulenförmige Anschwellungen und eine leichte seitliche Biegung, so daß sie in ihrer Gestalt Ähnlichkeit mit zwei gegeneinander gestellten Zeigefingern haben („Fingerbildung").

C. Stränge (Abb. 69).

Die Oberflächenmyzelien der Coniophoraarten zeigen keine so lebhafte Tendenz zur Strangbildung; im Gegensatz zu den Meruliussträngen schließen diese sich auch nur in verhältnismäßig dünne Stränge zusammen und färben sich nach rückwärts dunkelgelb bis dunkelbraun, so daß sie sich von der ebenfalls braun verfärbten Holzoberfläche oft nur undeutlich abheben. Über die Anatomie der Coniophorastränge möge folgendes mitgeteilt werden:

Abb. 69. Charakteristische Elemente aus Zupfpräparaten vom Coniophoramyzel. a Haupthyphe mit Schnalle. b Hyphen mit eingesunkenem Inhalt. c Zweigfaden mit Conidienbildung. (Aus H. F. VI. H.)

1. Ältere Stränge der Coniophoraarten sind makroskopisch durch die braune Verfärbung, mikroskopisch durch die dunkelbraun gefärbten 2—3 μ breiten Faserhyphen unterschieden (fixierter Mittelwert 2,6 μ).

2. Bei jungen Coniophorasträngen, welche noch in der Differenzierung begriffen und äußerlich noch nicht durch die braune Färbung unterschieden sind, fehlen die Faserhyphen, die bei Merulius selbst in sehr jungen Stadien mit Beginn der Gefäßdifferenzierung schon vorhanden sind.

3. In jungen Coniophorasträngen befinden sich die Gefäßhyphen meist im Schenkelknochenstadium, ohne erhebliche Erweiterung des Volums der Hauptfäden (auch an den Nodien) gegenüber dem Volumen der Haupthyphen; sie sind meist zu nur wenigen in den Strängen vereinigt. In entsprechend jungen Meruliussträngen sind die beschriebenen typischen Gefäßhyphen zahlreich zusammengelagert.

4. Gefäßhyphen, wie sie für die Meruliusstränge typisch sind, fehlen auch in den älteren Coniophorasträngen.

D. Fruchtkörper.

Eine gute Vorstellung von der Erscheinungsform der Coniophorafruchtkörper vermittelt Abb. 42. Das Hymenium ist hier weder porenartig wie bei Polyporus vaporarius, noch faltig, wie bei den Meruliusarten ausgebildet, sondern warzenartig.

E. Zerstörung des Holzes durch Coniophoraarten.

Coniophora entwickelt sich im Gegensatz zu dem echten Hausschwamm auf gesundem Holz und verursacht in den ersten Okkupationsstadien das sog. Angehen des Holzes, dessen Oberflächen unter den Verhältnissen im Hause meist fest und intakt verbleiben. Es ist bezeichnend, daß die Coniophorafäule im Hause zumeist in diesem Stadium bestehen bleibt und den natürlichen Ablauf ihrer Entwicklung nicht vollenden kann, so daß die Holzsubstanz in einem halbzersetzten Zustand verbleibt, wenn nicht andere Erreger nachfolgen. Das angegangene Holz ist zwar deutlich entfestigt und verfärbt, es zeigt aber noch keine Schwunderscheinungen. Es wird, da die Oberfläche myzelarm ist, vielfach als „erstickt" bezeichnet und besitzt, besonders wenn man Bohrspäne entnimmt, einen charakteristisch sauren, an Sauerteig erinnernden Geruch. Es rötet blaues Lackmuspapier stark, wenn die Teilchen von Bohrspänen unmittelbar auf das befeuchtete Papier aufgelegt werden. Myzelien oder Stückchen des befallenen Holzes, die man auf geeignete feste Nährboden legt, pflegen schnell auszuwachsen und die Myzelien unmittelbar auf den Nährboden überzugehen. Durch das auswachsende Myzel und die so erhaltenen Kulturen kann man den Pilz leicht näher bestimmen. (Siehe Seite 113.)

β) Der Porenhausschwamm.

Es ist zunächst darauf hinzuweisen, daß der Polyporus vaporarius botanisch keine genügend charakterisierte einheitliche Art darstellt; vielmehr besteht zweifellos eine noch größere Anzahl verschiedener Arten, als bisher angenommen wurde. Die Mehrzahl dieser Polyporusarten besitzt nur eine verhältnismäßig geringe Zerstörungskraft, während andere das Holz intensiv zersetzen können. Wie wir innerhalb der Gattung Merulius die drei nächstverwandten im Hause vorkommenden Arten domesticus, silvester und minor als Lacrymans-Gruppe von allen anderen Gruppen unterscheiden können, so werden auch diese Arten unter ihrem früheren Namen als Vaporariusgruppe von allen übrigen verwandten Polyporeen abzutrennen sein.

Die Diagnose des Polyporus vaporarius wurde bislang von den Sachverständigen vielfach auf Grund eines säuerlichen an Gerberlohe oder Sauerteig erinnernden Geruches der Bohrspäne gestellt. Waren außerdem noch reinweiße Myzelbeläge vorhanden, so galt die Gegenwart von Polyporus vaporarius als erwiesen. Es ist aber bereits hervorgehoben worden, daß der an Sauerteig erinnernde Geruch auch ganz ausgesprochen in coniophorafaulen Balkenhölzern und ihren Bohrspänen vorkommt, also zur Diagnose der Vopariusgruppe, welche meist auf solchem

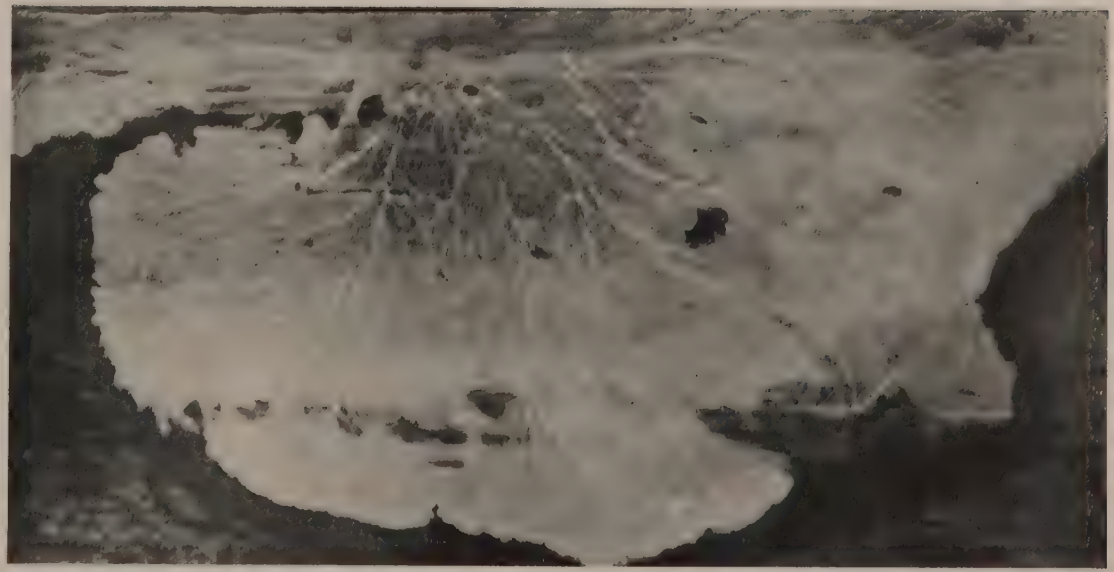


Abb. 70. Myzelium von Polyporus vaporarius auf einer Kellertür in fortschreitender Entwickelung begriffen. Zeigt nach rückwärts die Ausdifferenzierung der Stränge und die habituelle Ähnlichkeit mit den Myzelien des echten Hausschwammes. 1/4 nat. Gr. Orig. Photogr. von Prof. A. Möller, Eberswalde.

vorerkrankten Holz nachfolgt, nicht zureicht. Zudem ist beobachtet worden, daß gesundes Coniferenholz, wenn es ein höheres Alter erreicht, unter gleichzeitiger bräunlicher Verfärbung ohne jede Anwesenheit eines Erregers einen deutlich sauren Geruch annehmen kann.

Makroskopisch zeigen die Myzelien und Stränge von Polyporus vaporarius eine reinweisse Farbe, die sie auch im Alter beibehalten; sie besitzen also keine Hemmungsfarben wie Merulius und Pigmentfärbung wie Coniophora. Charakteristisch ist ferner ihre wollige oder filzige Beschaffenheit, die besonders bei den Strängen auffällig in die Erscheinung tritt. (Abb. 70.) Diese Stränge findet man häufig unvollkommen ausdifferenziert innerhalb der an Eisblumen erinnernden weißen Myzelbeläge. Ausgebildete Stränge von Polyporus vaporarius werden bis bindfadenstark, sie sind nach dem Trocknen unverändert biegsam im Gegensatz zu den nach der Trocknung spröde und brüchig werdenden dickeren Meruliussträngen.

Das Oberflächenmyzel gleicht im jugendlichen Zustande ganz auffällig demjenigen des echten Hausschwammes bzw. der Merulius-Gruppe überhaupt. Prüft man von Polyporus vaporarius durchwachsenes Holz in gleicher Weise, wie dies für die Untersuchung für Merulius empfohlen worden ist, in feuchter Kammer, so erhält man gleichfalls ein büschelig ausstrahlendes reinweißes Myzel, das, auf Nährboden übertragen, leicht an- und fortwächst. Untersucht man dieses ausstrahlende junge Myzelium mikroskopisch, so findet man ein ganz ähnliches schnallenreiches, mit gleichmäßigem plasmatischem Inhalt erfülltes Myzelium wie beim echten Hausschwamm. Bei genauer Betrachtung lassen sich hier nur geringe Unterschiede in der Anordnung der Schnallen feststellen. Während bei den Meruliusarten die Schnallen zunächst direkt aussprossen, entspringen die Seitensprosse von Polyporus vaporarius meist aus dem der Schnalle gegenüberliegenden Fadenteil. Es muß jedoch ausdrücklich hervorgehoben werden, daß auch dieses Merkmal nur in jungen in der fortwachsenden Zone befindlichen Myzelien anzutreffen ist und nicht in Präparaten, die älteren Myzelbelägen entnommen sind. Hyphen-Volum und Wachstumsgeschwindigkeit sind geringer; zur Diagnose besonders brauchbar ist der Mangel an Hemmungs- und Altersfarben, die allen Arten von Merulius, Coniophora und Paxillus zukommen.

Die Faserhyphen der verschiedenen Vaporariusformen besitzen annähernd gleiche Werte. Der Mittelwert des Durchmessers ist 2.8 μ, es kommen aber auch Durchmesser bis 3.5 μ vor. Von M. domesticus sind demnach die Vaporariusarten an der Hand der zumeist vorhandenen Strangfaserhyphen stets sicher zu unterscheiden, während eine Trennung z. B. von M. silvester nicht möglich ist. Die Gefäßhyphen finden sich in den Strängen nur vereinzelt; sie sind schwer heraus zu präparieren, meist dickwandig mit mittelgroßem Lumen; die für Merulius charakteristischen Balken, Ring- und Wandverdickungen fehlen: Der Strang besteht fast ausschließlich aus den sehr biegsamen lumenlos verdickten Faserhyphen, er bleibt ebenfalls rein weiß. Diese Beschaffenheit der Stränge ist ein sicheres Merkmal gegenüber den Merulius-Coniophora- und Paxillusarten (Abb. 71).

Das optimale Wachstum der Myzelien der Polyporus vaporarius-Gruppe liegt bei 26°.

Die hier als Vaporarius-Gruppe zusammengefaßten Arten zeichnen sich aus durch kräftig-strahlendes schnellwüchsiges Oberflächenmyzel vor den übrigen im Hause vorkommenden Polyporusarten mit weißen, dem Substrat ansitzenden Fruchtkörpern (Poria-Gruppe). Die letzteren entwickeln kein oder nur ein schwachwüchsiges unansehnliches Oberflächenmyzel, das ebenfalls aus Faserhyphen gebildet ist.

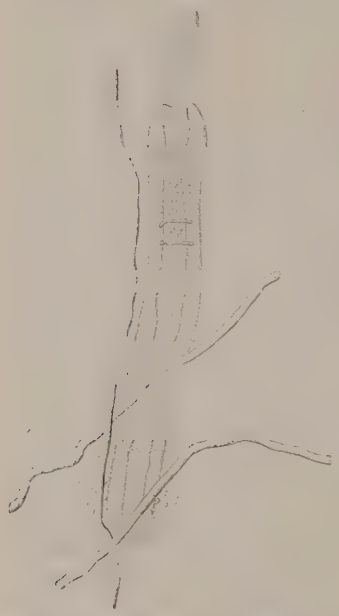


Abb. 71. Gefäßhyphe und Fasern aus einem Strang von Polyporus vaporarius. (Aus H. F. VI. H.) Vergr. ca. 600 fach.

Eigenartiges in der Art der Holzzerstörung durch Polyporus vaporarius ist nicht bekannt. Technisch zerstört dieser Trockenfäulepilz das Holz in Gebäuden ganz ähnlich wie die Meruliusarten. Bestimmte Pilze der Vaporarius-Gruppe scheinen zeitweise mit Hölzern bestimmter Art und Herkunft in epidemischer Verbreitung aufgetreten zu sein. (Vgl. Woy, Hausschwamm und Trockenfäule, Woche 33, 1902.) Auch hier pflegt Coniophora dem Auftreten des Polyporus vaporarius voranzugehen und die starke Ausbreitung des Pilzes zu begünstigen. Nächst der Coniophora-Meruliusfäule bewirkt die Coniophora-Vaporarius-Gemeinschaft die intensivste und weitestgehende Zersetzung der verbauten Holzsubstanz.

Die Fruchtkörper (Abb. 43) der Polyporus vaporarius-Gruppe sind von den im Voraufgegangenen behandelten holzzerstörenden Pilzen nach Form und Farbe grundsätzlich verschieden. Das Fruchtlager ist dem Gattungscharakter entsprechend aus feinen Röhren zusammengesetzt, im Gegensatz zur Poria-Gruppe sind die Fruchtkörper aber zart und weichfleischig. In der Jugend sind sie reinweiß, im Alter nehmen sie eine schmutzig gelbe Färbung an. Die Sporen sind nierenförmig elliptisch, reinweiß, im Mittel 5—6 μ lang und 3—3,5 μ breit.

Ochroporus-Fäule. (Gelber Porenhausschwamm). Der Pilz kommt so häufig — auch fruktifikativ — im Hause vor, daß wir ihn hier noch kurz erwähnen müssen. Der Erreger ist vor der Hand als Ochroporus aedalis (H. F. 6. Heft. S. 325) bezeichnet worden. Er befällt alle Holzarten, besonders auch das Eichenholz, und bewirkt hochgradige Corrosionen. Diese erscheinen hier nicht in der Begren-

zung von Löchern, Streifen usw., sondern erstrecken sich ziemlich gleichmäßig über die ganze befallene Holzsubstanz, von welcher dann nur ein schwammartig weiches, zumeist aus Zelluloseresten bestehendes Zellgerüst zurückbleibt. Die Fruchtkörper entstehen unmittelbar auf der Unterseite des befallenen Holzes als ausgedehnte oder unregelmäßig begrenzte Krusten, die aus feinen braungelben Röhren zusammen-

Abb. 72. Myzelien und Stränge von Paxillus acheruntius auf der Oberfläche eines befallenen Brettes aus der Einschubdecke. Verkl. Orig.

gesetzt sind. (Durchmesser der Röhren 200—300 μ, der dazwischen befindlichen Gewebe-(Trama)Brücken 100 μ.) Die Röhren erreichen eine Länge von 6 cm und mehr, dementsprechend wächst die Dicke des zimtbraunen Fruchtkörperpolsters. Die Früchte werfen große Menge weißer Sporen. Sporengrößen: breit 4 μ ($\pm$ 0,5) lang 5 ($\pm$ 0,5). Plattenfasern: gelbbraun, meist lumenlos verdickt, 5 μ ($\pm$ 1,5) breit.

$\pm$ Anm.: Abweichungen von dem Mittelwert nach oben und unten.

γ) Der Muschelhausschwamm (Paxillus acheruntius).

Außerordentlich häufig wird an kranken, aus Häusern entnommenen Holzteilen der Paxillus acheruntius angetroffen. Man findet ihn aber stets in Gemeinschaft mit anderen Holzzerstörern, meistens auf Coniophora vorerkranktem Holze.

Das Oberflächenmyzel von Paxillus acheruntius ist dem Coniophoramyzel ähnlich. Makroskopisch zeigt dasselbe, ebenso die Stränge, eine charakteristische gelbe Farbe, die mit dem Alter lehmgelb wird und offenbar unter dem Einfluß des Lichtes perlmutterartig rötlichviolette Farbentöne zeigt. Das Myzel neigt außerordentlich zur Strangbildung. Die Stränge sind fädig, haarähnlich (Abb. 72) und im Alter von gelbbrauner Farbe. Mikroskopisch ist das Paxillusmyzel bzw. dessen Stränge durch charakteristische Hyphenelemente ausgezeichnet.

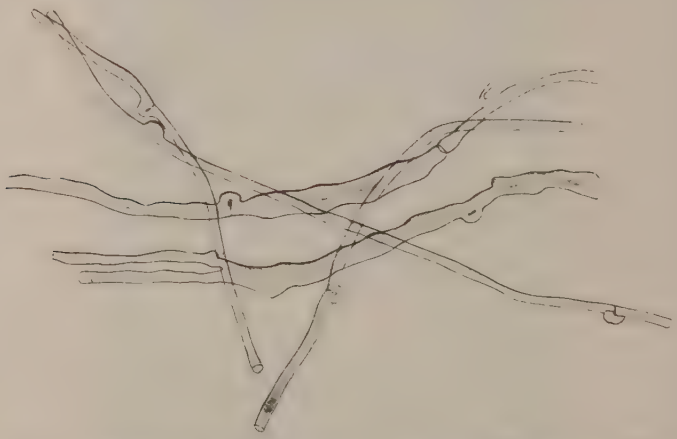


Abb. 73. Charakteristische Hyphenelemente aus den Strängen von Paxillus acheruntius im Zupfpräparat. (Aus H. F. VI. H.) Vergr. 600 fach.

Abb. 73 zeigt diese unregelmäßig konturierten schnallenreichen Hyphen, die durch ihr inhaltsgefülltes stark lichtbrechendes Aussehen im mikroskopischen Bilde auffallen. Auch die Schnallen sind starr, lumenlos und stark lichtbrechend wie die Fäden. Nach den Reaktionen handelt es sich bei diesen lichtbrechenden Hyphen des Paxillus acheruntius um ähnliche Elemente wie bei den Faserhyphen der vorbeschriebenen Holzzerstörer. Typische schnallenlose Faserhyphen, wie sie die Stränge der schon behandelten Pilze aufweisen, fehlen hier gänzlich. Das befallene Holz zeigt stellenweise intensiv gelbrote Verfärbung, die oft schon habituell eine Diagnose ermöglicht.

Fruchtkörper. Die Fruchtkörper von Paxillus acheruntius sind meist als muschelförmige Hüte ausgebildet. (Abb. 74.) Man findet sie an den Unterseiten der Hölzer, der Holzunterseite dicht angeschmiegt.

Ein Stiel ist nicht, oder doch nur andeutungsweise vorhanden und der Hut einseitig oder exzentrisch am Substrat befestigt. Die Hüte sind in der Jugend hellgelb, im Alter lehmgelb gefärbt. Ihre Bildung ist im Gegensatz zu anderen Hutbildungen von den Licht- und Transpirationsreizen im hohen Grade unabhängig. Daher findet man sie in Bergwerken und an dunklen feuchten Orten, wo sie sich der Beobachtung meist voll-

Abb. 74. Fruchtkörper von Paxillus acheruntius. Bei a jüngere, bei b ausgewachsener Fruchtkörper auf der Unterseite eines befallenen Balkens. Orig.

ständig entziehen. Die Sporen sind elliptisch, in dickeren Schichten lehmgelb gefärbt.

Mikroskopisch lassen sich in dem paxillusfaulen Holz charakteristische Medaillonmyzelien nachweisen, die aber von den typischen Lenzitesmyzelien leicht zu unterscheiden sind. An angegriffenen Staakhölzern und solchen verbauten Holzteilen, die von feuchten Lehmfüllungen oder Lehmanstrichen längere Zeit bedeckt waren, ist die Paxillusfäule fast allgemein verbreitet.

e) Lagerfäule.

Alle bisher betrachteten Holzzerstörer, die die Holzsubstanz unter den besonderen Bedingungen, welche im Hause herrschen, befallen oder die Zerstörung (bereits vor dem Verbau) vorerkrankten Holzes fortsetzen, bezeichnen wir als eigentliche Hausfäulen. Diesen gegenüber stehen solche Fäulniserreger, welche das Holz vornehmlich während seiner Lagerzeit, nachdem es gefällt und bearbeitet ist, befallen und weiter zersetzen. In der Praxis hat man diese Zersetzungsvorgänge als Lagerfäule bezeichnet. Die hierhergehörigen Erreger verursachen eine innere trockenfäuleartige Zersetzung des Holzes. Als Erreger der Lagerfäule sind die folgenden Pilze anzusprechen:

1. **Die Lenzitesgruppe**, von denen besonders Lenzites abietina, sepiaria und thermophila auf den Holzplätzen verbreitet sind.
2. **Der Porenschwamm**, d. h. verschiedene mehr oder weniger verwandte Polyporusarten und schließlich noch
3. **Der Grubenschwamm** (Lentinus squamosus).

Die Lenzitesfäule.

Ein eingehenderes Studium haben bisher allein die Lenzitesarten, die bei weitem wichtigsten Erreger der hier in Frage kommenden Holzzersetzung, erfahren. Sie können hier daher eingehender behandelt werden. Die Verbreitung und Infektion durch diese Pilzarten kann nur in der Zeit zwischen Fällung und Verbauung erfolgen, da dieselbe immer nur auf Ansteckung durch Sporen zurückgeführt werden kann, und zwar bietet ganz besonders die in freier Luft und exponierter Sonnenlage erfolgende Stapelung des bearbeiteten Bauholzes die günstigsten Lebensbedingungen für diese Organismengruppe. Die in der Praxis allgemein zur Konservierung angewendete luftige Stapelung des Holzes vermag somit nichts zum Schutze gegen diese rapide Fäulnis beizutragen. Die bei Praktikern sehr verbreitete Meinung, daß das bearbeitete Balkenholz durch die Lagerung im Freien an Güte und Widerstandskraft gewönne, könnte höchstens für solche Verhältnisse zutreffen, in denen die Erreger der Lagerfäule auf dem betreffenden Holzplatz nicht vorhanden oder erfolgreich bekämpft worden sind.

α) Fruchtkörper der Lenzitesarten.

A. Fruchtkörperformen.

Der Vegetationskörper der Lenzitespilze lebt vollkommen verborgen im Innern der Holzsubstanz und verrichtet dort sein Zerstörungswerk ohne die Oberflächen des befallenen Balkens zu verändern. Äußerlich tritt die Lenziteserkrankung nur durch die Fruchtkörper in die Erscheinung, die aber in ihrem ganzen Habitus sowie in der Art ihres Auftretens sehr charakteristisch sind. Die Lenzitesfrüchte kommen oft an den Trockenspalten zur Bildung, in entsprechend langgestreckten, leistenförmigen Gestalten, wie sie keine andere Gattung unter den Pilzen aufweist. Beim Übergang in das Fruchtstadium bildet sich nämlich eine,

die Spalten ausfüllende Myzelplatte (Abb. 75a), die sog. Spaltenplatte und diese bildet die leistenförmigen Früchte, indem sie aus den Spalten an die Luft hervortritt und sich in zwei antagonistische Sekundärplatten spaltet, zwischen denen die lamellenartig gestalteten Hymenophoren, die auch als Balken bezeichnet werden (Lenzites-Balkenträger) ausgespannt sind.

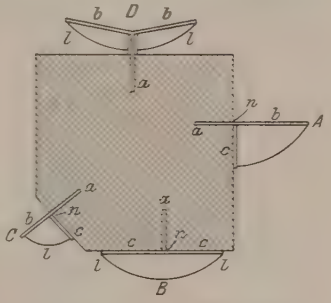


Abb. 75. Typen der Fruchtgestaltung von Lenzites bei verschiedener räumlicher Orientierung: A laterale Form (Konsole), B ventrale Form (Scheibe), C fugulare Form (Rinne), D dorsale Form (gestielte Doppelkonsole). a Spaltenplatte, b Fruchtkörperplatte, c Substratplatte, l balkenartige Lamelle

Diese balkenförmigen Hymenophoren werden in gleichbleibenden Abständen voneinander im Fruchtkörper inseriert. Schon bei oberflächlicher Betrachtung zeigt es sich, daß die Abstände bei den verschiedenen Lenzitesarten verschieden sind, so daß diese Unterschiede zur Diagnose der einzelnen Lenzitespilze verwendbar sind.

1. Seitenflächenformen. Für die Coniferenholz bewohnenden Lenzitesarten ist die laterale Fruktifikation, insbesondere die der lang-

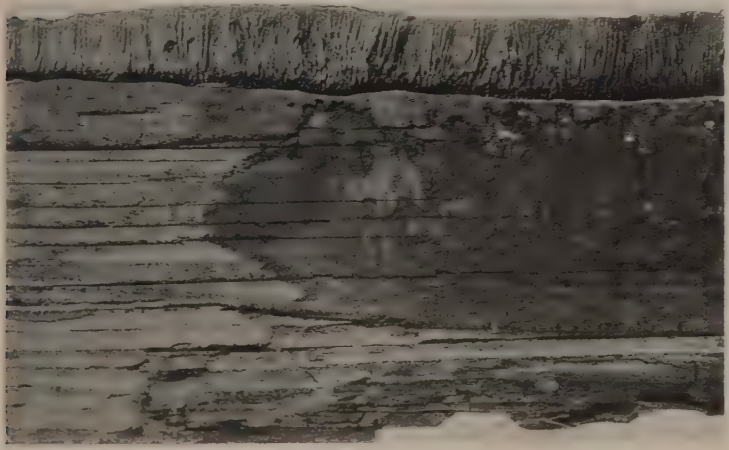


Abb. 76. Lenzitesfauler, quergespaltener Tannenbalken mit lateralem Fruchtträger von Lenzites abietina, von unten gesehen.

gestreckten Leisten besonders charakteristisch und verleiht ihr das eigenartige morphologische Gepräge. (Abb. 76.) Bei begrenzteren In-

fektionen oder aus kürzeren Trockenspalten kommen halbovale Konsolen zustande, doch hängt dies auch von den betreffenden Arten ab. Während bei L. abietina und L. thermophila die oben beschriebenen Leisten vorzugsweise gebildet werden, treffen wir bei L. sepiaria vorwiegend die kürzeren halbovalen Konsolenformen an.

2. Unterseitenformen werden an den Unterseiten des Coniferenbalkens gebildet und entziehen sich deshalb meist der Beobachtung (Abb. 45). Bei L. abietina sind es in der Regel dem Substrat dicht anliegende horizontale Scheiben, während bei L. sepiaria an stielförmig hervortretenden kurzen Myzelpolstern ein- oder doppelseitige Konsolen gebildet werden oder auf kleinen rundlichen Polstern flach glockenförmig nach unten gerichtete Hüte.

Auch die Scheiben an den Balkenunterseiten entstehen genau wie die lateralen Fruchtkörper an linienförmigen Spaltenrissen auf Spaltenplatten (Abb. 75 B). Nur legen sich hier die beiden Fruchtkörperplatten der Unterseite des Substrates an und bilden sich völlig gleichwertig aus. Vor allem bei L. abietina sind auch die ventralen Fruchtkörper meist langgestreckt, oft 60 cm und darüber lang, und mit parallel gestellten Lamellen ausgestattet. Die letzteren erstrecken sich dann entweder über die ganze Breite des Fruchtkörpers oder sie sind doppelseitig gegenübergestellt.

Neben den langgestreckten entstehen auch kreisförmige bis ovale Unterseitenfruchtkörper, die in der Regel nicht an einer Spaltenplatte, sondern an Aststellen auftreten oder an Myzelplatten, die unter dem Einfluß abnorm hoher Luftfeuchtigkeit entstanden sind.

3. Oberseitenfruchtformen. Auf den Oberseiten treten die Lenzitesfruchtkörper in der Mehrzahl der Fälle als gestielte Konsolen und hutartige Bildungen auf. Erstere entstehen, indem eine Spaltenplatte polsterförmig nach oben hervorwächst, und am oberen Rande nach beiden Seiten je eine reguläre Seitenfruchtform ausbildet, die meist nicht ganz horizontal, sondern etwas schräg nach oben gerichtet sind. Neben der ovalen bis länglichen Doppelkonsole kommen bei L. sepiaria auch nahezu radiär gebaute trichterförmige Bildungen vor, die aus einer entsprechend begrenzten Nabelstelle hervorwachsen und den bekannten hutförmigen Fruchtkörpern anderer Pilze ähnlich sind.

4. Hirnschnittformen. Langestreckte Leisten können hier nicht zustande kommen, es bilden sich Konsolen und am Grunde stielchenförmig zusammengezogene Muscheln. (H. F. III, Taf. III, 1.)

In den betrachteten Formen der Lenzitesfruktifikation, welche nahezu sämtliche Gestaltungen der Basidiomyzeten aufweist, läßt sich der Einfluß verfolgen, den die verschiedene räumliche Lage der Substratfläche, an welcher die Fruchtkörper gebildet werden, auf die Gestaltung bei ein und derselben Art ausübt. Die meisten übrigen Arten der Basidiomyzeten sind an eine bestimmte Form in der Regel streng gebunden, während sich hier nachweisen läßt, daß die verschiedenen Typen immer nur an Flächen derjenigen Orientierung vorkommen, die ihrer Gestalt entsprechen.

5. Monströse Formen. Zu erwähnen sind noch diejenigen Fruchtbildungen, die infolge abnormer Bildungsbedingungen nicht imstande

sind, Sporen zu bilden oder normal gebildete Sporen zu verbreiten. In allen diesen Fällen nehmen die Fruchtkörper monströse Formen an. Hier sollen nur die häufig in Bergwerken auftretenden Dunkelformen Erwähnung finden, die als hornförmige Bildungen infolge von Lichtmangel in die Erscheinung treten (Abb. 77). Auch in Kellern oder unter Dielen werden derartige Dunkelformen gelegentlich ausgebildet. Es sind stiel- oder geweihartig verlängerte Früchte, die bei völligem Lichtmangel überhaupt keine Basidien und Basidiensporen erzeugen.

Abb. 77. Monströse Dunkelform von Lenzites abietina an einem Fichtenbrett unter der Dielung eines Hauses. (Aus H. F. VI. H.) Nat. Gr.

6. Außer dieser Vielgestaltigkeit der Lenzitesfrucht an sich kommt nun noch die Verschiedenartigkeit der Hymenophorenausbildung in Betracht, welche die Lenzitesarten ebenfalls in besonderem Grade auszeichnet. Es läßt sich hier in der Entwicklung eines Hymeniums mit größerer oder geringerer Vollständigkeit die ganze Reihe der möglichen Hymenophorentypen in aufsteigender Folge beobachten, welche bei den Basidiomyzeten überhaupt vorkommen.

B. Die Sporen der Lenzitesarten.

Die Sporen aller Lenzitesarten stimmen in ihrem Bau miteinander überein. Nur in ihrem Volum sind die Sporen der verschiedenen Arten verschieden, und es sind uns hierin für die Diagnose der Arten besonders zuverlässige Merkmale gegeben. Die Mittelwerte betragen für:

Lenzites	abietina	3,7 μ	breit,	11,0 μ	lang,
„	sepiaria	2,9 „	„	8,3 „	„
„	thermophila	3,8 „	„	9,0 „	„

Lenzites sepiaria ist hiernach durch die geringe Sporenbreite, L. abietina durch die größere Sporenlänge von den übrigen Lenzitesarten unterschieden.

β) Das Myzelium der Lenzitesarten.

Die Oberflächenmyzelien werden bei den Lenzitesarten gegenüber dem Substratmyzel selten gebildet. Sie treten hier in reduzierter Form nur in den Trockenspalten in die Erscheinung, wo sie die Spaltenplatte bilden, von der die charakteristische Spaltenfruchtbildung ihren Ausgang nimmt. Im Hause kann man Oberflächenmyzelien von Abietina bei Verwendung stark befallenen Holzes beobachten, wenn sich längere Zeit feuchtigkeitsgesättigte Luftschichten über dem Holz halten können.

A. Das Lenzites-Substratmyzel

weist nun eine eigentümliche Myzeldifferenzierung auf, die als Medaillonbildung bezeichnet worden ist, und einen Charakter darstellt, durch den es sich von allen bisher besprochenen Myzeltypen unterscheidet.

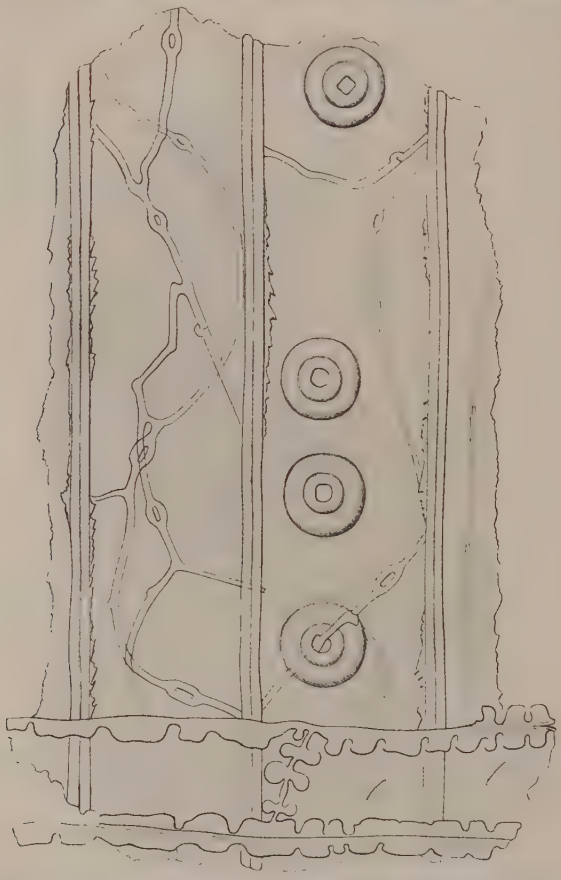


Abb. 78. Radialer Längsschnitt aus Lenzites (abietina) -faulem Tannenholz im beginnenden Destruktionsstadium; besonders reich verzweigtes Medaillonmyzel in zwei Tracheiden. (Nach H. F. III. H.) Vergr. 700 fach.

Die in der Regel 1—2 μ dicken inhaltsgefüllten Substratfäden, die man im Innern des lenziteskranken Holzes vorfindet, zeigen nämlich in ihrem Verlauf zahlreiche medaillonförmige Unterbrechungen (Medaillons), deren Gestalt in Abb. 78 veranschaulicht ist.

Die Substratmyzelien, die man in den mikroskopischen Holzzerstörungsbildern findet, ebenso die Größenverhältnisse der Medaillonmyzelien, sind bei den vier untersuchten Lenzitesarten so gleichartig, daß wir die Arten nicht unterscheiden können, sofern nicht Spaltenplatten vorhanden sind.

B. Das Oberflächenmyzelium

entspricht nicht eigentlich demjenigen von Merulius und Coniophora. Denn das Vorkommen solcher typischen Oberflächenmyzelien ist bei den Lenzitesarten und den Geodistomyzeten überhaupt ein beschränktes. Sie treten nicht wie bei den Geoproximyzeten sofort an die Oberfläche, wenn man ein lenzitesfaules Holz luftfeucht legt, sondern sie sind nur unter besonderen Verhältnissen zu beobachten. In künstlichen Agar-Agar-Kulturen treten sie unter günstigen Bedingungen, bei optimaler Temperatur und in feuchtigkeitsgesättigter Luft an die Oberfläche des Substrates, und dann zeigen sie allerdings von dem allgemeinen Typus keine Abweichungen. In der Natur aber treten sie nur als Spaltenplatten oder auf der Oberfläche verbauten Holzes in meist beschränktem Umfang in die Erscheinung. Ihre speziellen Charaktere sind folgende:

Die Hauptfäden tragen einseitig eine einzelne Schnalle, an welcher das Auswachsen der Seitenzweige erfolgt. Nur ausnahmsweise ist ein Auswachsen an der gegenüberliegenden schnallenfreien Seite des Fadens zu beobachten. In der Regel entsteht dann an jedem Seitenfaden wiederum eine Schnalle, die bald der Innenseite, bald der Außenseite des Zweigfadens ansitzt. Das Volum der Haupthyphen ist bei den einzelnen Arten etwas unterschieden. Bei L. abietina betrug der Durchmesser 4,4 μ, bei L. sepiaria 3,2 μ im Durchschnitt vieler Messungen.

Zur mikroskopischen Untersuchung der Stränge benutzt man am besten ein in künstlichen Dunkelkulturen an den Glaswänden frisch gebildetes Spaltenplattenmyzel. Hier findet man in Zupfpräparaten ein strangartig zusammengelagertes System wenig umgebildeter Haupthyphen, welches von einem dichten Mantel von Faserhyphen umgeben ist.

Die weiten Leitröhrengefäßhyphen, wie sie in den Strängen der Merulius-Coniophora- und Vaporariusarten vorkommen, konnten hier im Verbande des Leitbündels nicht nachgewiesen werden. Es handelt sich vielmehr um ein engverwachsenes System von Stammhyphen, die sich nur schwer isolieren lassen, mit plasmatischem Inhalt gefüllt sind und einen Durchmesser von 4,5 μ besitzen, also gegenüber den Haupthyphen nicht wesentlich erweitert sind. Ein Leitröhrensystem von besonderer Leistungsfähigkeit besitzt somit die Spaltenplatte der Lenzitesarten nicht. Ihre Fruchtkörper sind ausdauernde Bildungen, die verhältnismäßig langsam wachsen und an langgezogenen Nabelflächen sitzen, wo die Nahrungszufuhr sich auf die weite Zone gleichmäßig verteilt. Sofern die Zuleitung sich eng auf ein oder wenige Bündelsysteme begrenzt, kommen nur die sehr kleinen radialen Scheiben oder Muscheln

zustande; ein kräftig leitendes Strangsystem kann schon aus diesem Grunde nicht erwartet werden.

Die beschränkte Leitröhrenbildung hängt aber wiederum damit zusammen, daß es sich hier um eine Nährstoffzuleitung handelt, die jederzeit durch den Eintritt der Trockenstarre unterbrochen werden kann, bei eintretender Durchfeuchtung aber unmittelbar wieder betriebsfähig sein muß.

C. Das Luftmyzel.

Bringt man ein von Lenzitesfäule befallenes Holzstück in eine feuchte Kammer, dann tritt nach einigen Tagen ein sammetartiges, derbes und auffällig gefärbtes Myzel an die Oberfläche, das sich in vegetativer Beziehung durch seinen indifferenzierten Charakter auszeichnet. Es besitzt kein ausgesprochenes Längenwachstum und geht auch nicht oder nur schwierig auf benachbarte Holzsubstanz über. Dagegen ist es ausgesprochen fruktifikativ. Schon seine elementare Zusammensetzung entspricht dem Grundgewebe der Fruchtkörper, es besteht aus Faserhyphen und bildenden Fäden. Dieses Myzelium ist für die Diagnose der Art wichtig; es geht im Licht meist unmittelbar zur Fruchtkörperbildung über.

Bei L. abietina und sepiaria ist es aus zweierlei Elementen zusammengesetzt, den gefärbten Faserhyphen, welche die charakteristischen Eigenschaften dieses Myzeliums bedingen und den farblosen, schnallenreichen bildenden Fäden.

Bei L. thermophila sind die Faserhyphen rahmgelb gefärbt, mit Schnallen versehen und von den bildenden Fäden nicht unterschieden. Die Unterschiede zwischen L. abietina und L. sepiaria bestehen hauptsächlich in der verschiedenen Färbung des Luftmyzeliums, bei abietina ist dasselbe hellkaffeebraun, bei sepiaria rötlichgelb. An der verschiedenen Färbung dieses Oberflächenmyzels sind diese beiden Pilze auch makroskopisch zu unterscheiden.

Es ist sehr bemerkenswert, daß das farblose Substratmyzel, welches in der feuchten Holzsubstanz in der charakteristischen Form des Medaillonmyzels wächst, in das fruktifikative Luftmyzel übergeht, sobald die betreffende Holzsubstanz an einen feuchten Luftraum angrenzt. Bei den Merulius-, Vaporarius- und Coniophoraarten tritt unter denselben Bedingungen das typische vegetative Oberflächenmyzel hervor, welches zunächst noch ganz faserfrei ist. Durch diese wichtige Reaktion lassen sich die Holzzerstörer in zwei große Gruppen scheiden, die mit den Geodistomyzeten einerseits und den Geoproximyzeten andererseits zusammenfallen.

D. Das Kutikularmyzel.

Wenn wir einen im Freien unter natürlichen Bedingungen von der Lenzitesfäule völlig vermorschten Balken untersuchen, so finden wir stets, daß eine unmittelbar nach außen grenzende Holzlamelle etwa in der Dicke von 0,3 cm und mehr ganz intakt verbleibt. Dieses rings um den betreffenden Holzkörper bestehen bleibende, festere, weniger angreif-

bare Holz bedingt es, daß Balken, Zaunbretter, Brückengeländer usw., wenn sie im Freien verbleiben und keinen besonderen Druck auszuhalten haben, oft jahrelang in ihrer äußeren Form bestehen bleiben und in diesem Zustande einer andauernden Fruktifikation des Pilzes als Standort dienen.

Wenn man diese äußeren, noch widerstandsfähigen Holzlamellen noch näher untersucht, dann findet man, daß sie oft von Myzelfäden durchsetzt sind, die einen besonderen Charakter aufweisen und im Innern des zerstörten Holzes nicht anzutreffen sind. Die Fäden sind lumenlos und stark lichtbrechend wie Faserzellen, sie sind aber breiter und tragen große erstarrte Schnallen. Die Fäden sind besonders häufig in den oberflächlichen Holzteilen der Trockenspalten anzutreffen. Bei L. abietina ist es an diesen Stellen rötlich-braun gefärbt und tritt daher an den parallel der Spaltenoberfläche geführten Radialschnitten auffällig hervor. Die Holzsubstanz wird von ihnen nicht zerstört, die Membran aber an vielen Stellen durchbohrt.

E. Physiologie der Lenzitesmyzelien.

Wachstumsgeschwindigkeit und Temperaturwerte: Am besten lassen sich die Längenwachstumszahlen bei L. thermophila ermitteln, da diese Pilzart besonders in jung herangezogenen künstlichen Kulturen üppiges Oberflächenmyzelium bildet und dadurch eine genaue Bestimmung der Zuwachswerte ermöglicht.

Die Untersuchungen haben nun ergeben, daß sich L. sepiaria hinsichtlich ihrer Temperaturwerte ähnlich verhält wie L. thermophila. Die beiden letztgenannten Formen lassen sich daher als Thermophilagruppe zusammenfassen und dem L. abietina gegenüberstellen. Durch folgende Zahlen lassen sich die Unterschiede dieser beiden Typen innerhalb der Lenzitesgruppe kennzeichnen.

Der Temperaturumfang liegt

1. bei L. abietina zwischen 5—36° C,
2. bei der Thermophilagruppe zwischen 5—44° C.

Der optimale Wachstumspunkt liegt für

1. L. abietina bei ca. 29,0° C,
2. die Thermophilagruppe bei ca. 35° C.

Der wichtigste Fäulniserreger, L. abietina, läßt sich somit durch seine Temperaturwerte von den übrigen Arten derselben Gattung unterscheiden. Bei 35° C zeigt L. abietina kein merkliches Wachstum mehr, während die drei anderen Formen bei dieser Temperatur kräftig fortwachsen.

γ) Holzzerstörungsbilder der Lenzitesfäule.

Abgesehen von Spaltenplatten und Fruchtkörperbildung bietet das Oberflächenbild der befallenen Hölzer kein besonderes Merkmal dar. Da die Fruchtkörperbildung sich in der Regel aber erst nach ein- bis mehrjähriger Lagerzeit im Freien einstellt, sind verbaute Balken mit luftgeschwärzten Oberflächen besonders verdächtig.

1. Ein Querschnittsbild durch einen lenzitesfaulen Balken gibt die Abb. 79. Die von der Fäule ergriffenen Holzkomplexe liegen als Inseln im Holz zerstreut und sind von gesundem Holz umgrenzt.

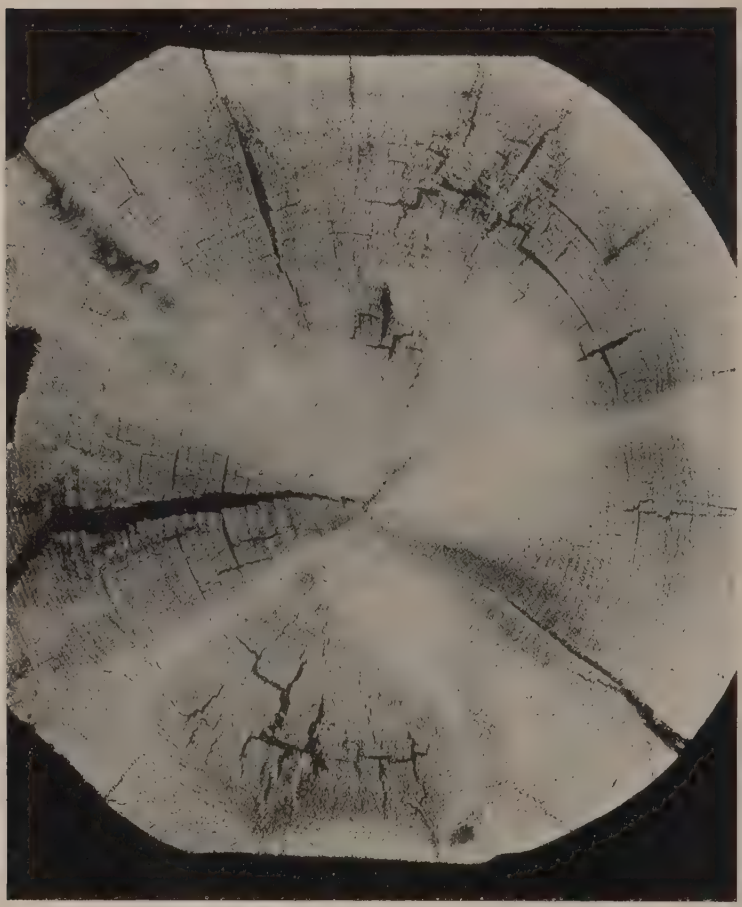


Abb. 79. Lenziteskranker Tannenbalken im Querschnitt. (Aus H. F. III. H.) Verkl.

Man erkennt deutlich, daß die Ausbreitung der Fäulnis an die im gesunden Holz vorhandenen Trockenspalten anschließt. Wo diese dichter aneinander grenzen, sind die kranken Holzteile zu größeren Komplexen vereinigt. Vielfach ergreift aber die Fäule nicht so weite Holzkomplexe,

sondern beschränkt sich auf vereinzelte Stellen. Eine solche als Schwundlinsen bezeichnete Erscheinungsform ist in Abb. 80 dargestellt.

Die zerstörten Holzkomplexe sind im Querschnittsbilde durch Schwundspalten gekennzeichnet, die nach zwei verschiedenen Richtungen verlaufen. In radialer Richtung erstrecken sich kleinere Schwundspalten durch einen oder wenige Jahresringe, während die größeren meist unmittelbar an die bereits im gesunden Holz vorhandenen Trockenspalten anschließen. Nach dem Zentrum der Zerstörung hin sind die Schwundspalten entsprechend erweitert. Außerdem treten quergestellte Schwundspalten hervor, die in der Richtung der Jahresringe verlaufen und sich der Struktur des Holzes somit anpassen. Sie treten oft in

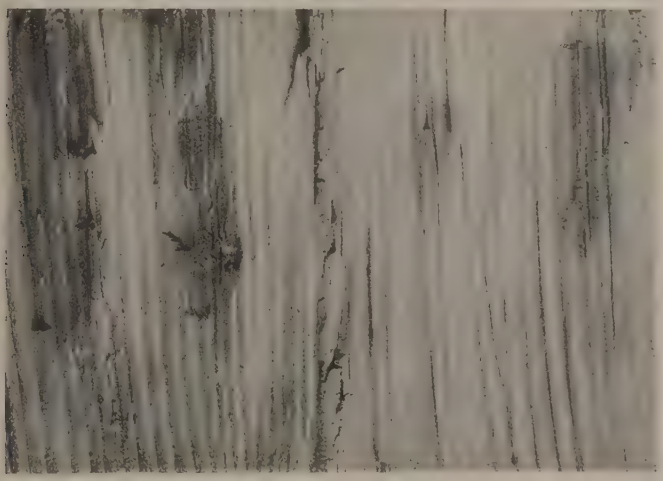


Abb. 80. Schwundlinsen auf radialen Spaltflächen von mit Lenzites abietina befallenem Balkenholz. Zeigt die ersten Infektionsherde, die von einzelnen Keimen ausgegangen sind.

scharf begrenzten Linien hervor, an den Stellen, wo Herbst und Frühjahrsholz aneinandergrenzen. Diese Schwunderscheinung, die dadurch zustande kommt, daß Herbst- und Frühjahrsholz in verschiedenem Grade schwindet, kann als Ringspaltigkeit bezeichnet werden.

Schwundspalten von der Größe, wie Abb. 79 zeigt, sind nur bei L. abietina und sepiaria, nicht aber bei thermophila beobachtet.

Die von der Lenzitesfäule ergriffenen Holzkomplexe haben bei L. abietina und sepiaria rötlich-gelbe bis rötlich-braune und später braune Färbung, während Lenzites thermophila das Holz nur schwach gelblich verfärbt.

2. Ein Längsschnittsbild durch einen lenzitesfaulen Balken stellt Abb. 81 dar.

Die Zerstörung ist hier auf einen zentralen Holzzylinder beschränkt, der sich durch seine rötlich-braune Verfärbung kenntlich macht. Auch hier ist der zerstörte Holzkomplex mitten in der gesunden Holzsubstanz gelegen, ohne jede Beziehung zur Holzoberfläche. Im Zentrum der zer-

Abb. 81. Lenziteskranker Tannenbalken im Längsschnitt. Verkl. Orig.

störten Zone verlaufen größere Schwundspalten parallel der Längsfaser, die den radialen Spalten des Querschnittbildes entsprechen. In vorgeschrittenen Stadien der Zersetzung tritt auch die Ringspaltigkeit hervor, besonders wenn die Schnittflächen austrocknen.

3. Das Bruchbild zeigt infolge der Ringspaltigkeit eine charakteristische Blätterstruktur.

Im Querbruch zeigen die einzelnen Holzlamellen nicht mehr die faserige, spitzsplittrige Bruchfläche der gesunden Holzsubstanz, sondern der Bruch ist faserlos glatt, muschelförmig schwachglänzend und gleicht bereits mehr oder weniger der Bruchfläche von Holzkohlen (kohlebrüchig). (Abb. 50.)

Im trockenen Zustand läßt sie sich im Mörser zu Pulver zerreiben. Die Oberflächen der ringspaltigen Trennungsflächen sind faserfrei und haben einen matten, seidenartigen Glanz. Ihre Farbe ist bei L. abietina und sepiaria (im Tannen- und Fichtenholz) auf der Frühjahrsseite in mittleren Zersetzungsstadien hellorangegelb. Auf der Herbstseite dunkler und mehr rötlich verfärbt, erst im stärker zerstörten Zustande geht die Färbung auf beiden Seiten immer mehr ins braune über. Das von Lenzites thermophila befallene Holz ist nur schwach gelblich verfärbt.

4. Zersetzungsstadien. In den mittleren Zersetzungsstadien, in denen sich eine deutliche Verfärbung des Holzes bemerkbar macht, ist es bereits in seiner Festigkeit derart verändert, daß man es gegenüber dem gesunden Holz mit dem Fingernagel leicht eindrücken kann (nagelmürbe). Im letzten Zersetzungsstadium läßt es sich zwischen den Fingern zu Pulver zerreiben („fingermürbe").

Der Grad und der Umfang der Erkrankung lenzitesfauler Hölzer kann, wenn sie frei und trocken lagern, durch Beklopfen mit einem harten Gegenstand untersucht werden. Das kranke Holz hat einen mehr oder weniger gebrochenen dumpfen Klang, im Gegensatz zu dem klingenden Ton des gesunden Holzes. Es ist dies aber eine Eigenschaft, die allen innenfaulen Hölzern eigen ist.

Der Geruch des befallenen Holzes ist bei L. abietina süßlich teerartig, deutlich hervortretend; der Geschmack aromatisch, kaum merklich sauer. Das von L. sepiaria befallene Holz ist im Gegensatz zu L. abietina nahezu geruchlos. Thermophilafaules Kiefernholz riecht frisch schwach aromatisch, rauchartig, in den künstlichen Agar-Agar-Kulturen riecht es unangenehm krautartig.

Wird von L. abietina befallenes Holz mit Wasser aufgekocht, so riecht es deutlich nach gebratenen Äpfeln, ein Geruch, den die beiden anderen Formen nicht oder doch ganz schwach aufweisen; die Reaktion des befallenen Holzes ist bei allen 3 Arten eine schwach saure. Bisher sind aber nur die mittleren Zersetzungsstadien des Holzes berücksichtigt worden, denen man meist begegnet und die für die Diagnosen vorzugsweise in Frage kommen.

In den allerersten Stadien des Myzelbefalles sind makroskopisch in der Holzsubstanz noch keine Zersetzungserscheinungen bemerkbar, doch kann es sich hier immer nur um eine wenige Millimeter breite Befallszone handeln.

Auch in den letzten Stadien sind die charakteristischen Zersetzungserscheinungen mehr oder weniger vollständig verwischt, so daß sie von anderen Fäulen nur noch schwierig unterschieden werden können. Abb. 79 zeigt ein Zerstörungsstadium, das auf den Holzplätzen öfters anzutreffen ist. Es handelt sich hier um einen schon stark vermorschten, abietinafaulen Tannenbalken. Wird derselbe in der Mitte gespalten und bleibt dann längere Zeit der Besonnung und Austrocknung ausgesetzt, dann entstehen im Längsschnittbilde längs- und querverlaufende Schwundspalten, so daß das Holz unregelmäßig gefeldert ist und in der Intensität der Schwunderscheinungen an meruliusfaule Destruktionsbilder erinnert. Außerdem zerfällt das Holz aber noch ringspaltig in einzelne Lamellen,

Abb. 81 a. Normaler Fruchtkörper von Lentinus squamosus aus dem Freien. Lamellen-Ansicht. Etwas verkl. Orig.

die dem Jahresring entsprechen. Durch diese Blätterstruktur ist die Lenzitesfäule von den typischen Oberflächenfäulen (Merulius, Polyporus vaporarius usw.) auch noch in diesem Stadium unterschieden.

Der Grubenschwamm.

Der **Grubenschwamm, Lentinus squamosus** Schaeff., verursacht eine destruktive Innenfäule von Brückenhölzern, Zaunpfählen usw. unter ähnlichen Verhältnissen wie die Lenzitesarten. Das zersetzte Holz besitzt einen intensiv aromatischen (zimtartigen) Geruch, der meines Wissens durch keinen anderen Erreger verursacht wird. Es lassen sich leicht Reinkulturen herleiten, die denselben Geruch annehmen, und auf denen die monströsen Fruchtanlagen bald in die Erscheinung treten. Die Abbildung 81a zeigt die normale Form der im Freien gebildeten Frucht-

körper. In feuchten, dunklen Räumen (Unterdielenraum, Bergwerke) nimmt der Pilz monströse Gestalten an, es kommt nur zu Stielbildungen, die sich oft geweihartig verzweigen, ohne daß Hüte angelegt werden. (Abb. 81b.)

Abb. 81 b. Monströser Fruchtkörper von Lentinus squamosus im dunklen feuchten Unterdielenraum gebildet. Die Brettunterseite zeigt den dünnen, braunfleckigen Myzelbelag des Pilzes. Nat. Gr. — Orig.

f) Blaufäule.

a) Die verschiedenen Fruchtformen; die Verbreitung der Sporen und ihre Entwicklung.

Die Blaufäule des Koniferenholzes wird durch Erreger aus der zweiten großen Reihe der höheren Pilze, den Askomyzeten, hervor-

gerufen. (Abb. 82a.) Die Askomyzeten bilden ihre Sporen in Schläuchen, den sog. Asci. Der Askus ist ebenso wie bei den Basidiomyzeten die Basidie das charakteristische Grundorgan der ganzen Reihe. Er ist aus derber elastischer Membran gebildet und enthält eine bestimmte Zahl — meist acht — gleich großer Sporen, die er nach erlangter Reife eine Strecke weit vereinzelt ausschleudert bis zu solcher Höhe und in solcher Richtung, daß die weitere Verbreitung der Sporen durch Temperatur- und Windströmungen gesichert ist, wie bei den Basidiomyzeten.

Bei der großen Unterfamilie der Pyrenomyzeten, denen auch die Bläuepilze angehören, werden die Asken in geschlossenen birnförmigen Behältern, den sog. Perithecien, gebildet. Nach oben verjüngt sich das Perithecium in einen mehr oder weniger lang vorgezogenen Hals, der am Scheitel eine Öffnung trägt, durch welche die bei der Reife nacheinander in den Hals eintretenden Schläuche die Sporen nach außen

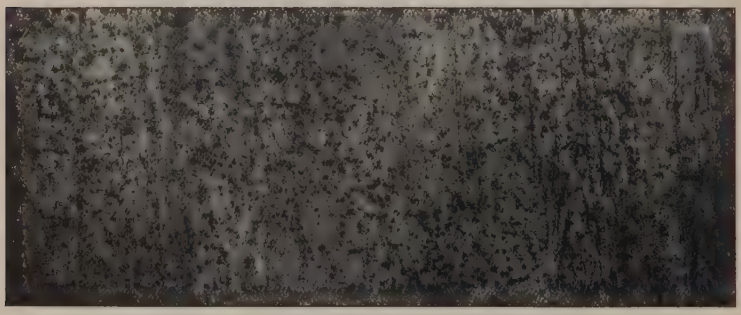


Abb. 82a. Von Bläue befallenes Brett mit den Askusfrüchten besetzt. Nat. Gr. — Orig.

hin entleeren. Es kommen nun aber in der Reihe der Pyrenomyzeten einzelne Gattungen und Arten vor, bei denen die Asken diese Funktion des Sporenwerfens nicht mehr besitzen und die Sporenverbreitung auf anderen Wegen sichern. Einen solchen Fall haben wir bei den Bläuepilzen vor uns. Die in den braunwandigen Perithezien gebildeten Asken besitzen nur unscheinbare Schläuche [1]), die sich bei der Reife unter Bildung schleimartiger Substanzen auflösen. (Abb. 82d.) Das ganze Perithecium ist bei der Reife mit einem solchen Gemisch von Schleim und Sporen erfüllt. Dieser Sporenschleim wird dann aus der Öffnung des Peritheciums in wurstförmigen Bändern ausgepreßt. (Abb. 82b links.) Die Bänder verkleben oft miteinander und es sammeln sich vor der Fruchtöffnung oben auf der Peritheciumsspitze ganze Ballen verklebter Sporen, die wie Schleimtropfen aussehen und bestimmte Insektenarten anlocken, durch welche die Sporen vertragen

[1]) Anmerkung: Zerdrückt man ein Perithecium vor der Reife, so sieht man die Asken mit den Askensporen austreten. Die Asken haben unregelmäßige Gestalt, ihre Membranen sind dünn, die Sporen regellos darin gelagert.

werden. Hier übernehmen also Insekten die Verbreitung der Askensporen, und es ist anzunehmen, daß es sich dabei um eine Einstellung auf solche bestimmte Arten handelt, welche die Sporen an neue günstige Entwicklungsorte transportieren. Das sind in unserem Falle unzweifelhaft die verschiedenen Arten von Borkenkäfern, welche absterbendes und frisch gefälltes Koniferenholz im Walde befallen. In der Tat kann

Abb. 82 b. Askusfrucht und Graphienformation des Bläuepilzes auf befallenem Holz in Reinkultur. Vergr. 350 fach. — Orig.
Von links nach rechts 3 Entwicklungsstadien der Askusfrucht, das letzte mit dem wurstförmig ausgepreßten Sporenschleim, in dem die Konturen der einzelnen Sporen sichtbar sind. Zwischen den beiden unentwickelten Früchten ein Konidienträger der Form 2 (Graphien); ein Teil der Sporenmasse ist beim Präparieren entfernt worden. Unter den Früchten verlaufen die Myzelien des Bläuepilzes.

man beobachten, daß die Bläue in absterbenden oder nach dem Fällen in der Rinde verbleibenden Stämmen von den Bohrgängen verschiedener Borkenkäfer ihren Ausgang nimmt, zunächst in Streifen und Bändern auftritt, bis schließlich der ganze Splint durchwachsen und verblaut ist. Das Kernholz wird von den Bläuemyzelien bekanntlich nicht angegriffen. Auch andere Insektenarten können natürlich an der Übertragung beteiligt sein.

Nun wissen wir aber, daß die Bläue sich auch auf den Holzbearbeitungs- und Lagerplätzen stark verbreiten kann, wenn z. B. geschnittenes gesundes Brettmaterial bei feuchtem Wetter nicht rechtzeitig gestapelt wird. Hier kann die Verbreitung durch Insekten nicht wesentlich in Frage kommen.

Wie die meisten Askomyzeten, besitzen auch die Bläuepilze für die weitergehende Verbreitung und Erhaltung der Art noch sog. Nebenfruchtformen, d. h. es tritt neben der eigentlichen höheren Askenfruchtform noch eine Konidienfruktifikation auf. Wir müssen daher auf diese anderen Fruchtformen des Bläuepilzes, welche besonders für die Ansteckung der bearbeiteten Hölzer in Frage kommen, noch näher eingehen.

Abb. 82c. Konidienform 1 des Bläuepilzes. Vergr. 350fach. — Orig.
Links Träger mit dem aus verklebten Sporen gebildeten Kopf; rechts besenstielartige Verzweigung des Trägers mit den sporenabschnürenden Sterigmen nach Entfernung des Sporenschleims in Wasser.

Die Blaufäule wurde früher auf eine einzige Art Ceratostomella pilifera (Fr.) zurückgeführt; jetzt wissen wir durch die Untersuchungen von Schrenk [1]), Hedgcock [2]) und Münch [3]), daß es eine ganze Reihe nahestehender Arten gibt, die das Holz in ganz ähnlicher Weise befallen und blau verfärben. Unter diesen scheinen jedoch nur einige wenige Arten eine wichtige Rolle zu spielen. Charakteristisch für alle

[1]) v. Schrenk, The "bluing" and the "red rot" of the yellow Western pine etc. Washington 1903, S. 24.

[2]) Hedgcok, Studies upon some chromogenic fungi which discolor wood. St. Louis 1906.

[3]) Ernst Münch, Die Blaufäule des Nadelholzes. Naturw. Zeitschr. für Forst- und Landwirtschaft 1907/8.

Arten ist der an der Frucht gebildete mehr oder weniger lange Schnabel, der bereits anzeigt, daß hier die Sporen nicht mehr geworfen werden, da sich die im Grunde der Frucht angewachsenen Asci nicht so weit ausdehnen könnten, um mit ihrem Scheitel die Peritheciummündung zu erreichen.

Die hier gegebenen Abbildungen und Angaben beruhen auf eigenen Beobachtungen und beziehen sich nur auf eine der in Betracht kommenden Arten, welche der von Fries beschriebenen C. pilifera am nächsten steht und durch den Besitz aller in Frage kommenden Fruchttypen ausgezeichnet ist [1]). Der Pilz ist auf einigen Holzplätzen Breslaus sehr verbreitet und bewirkte hier das Blauwerden großer Mengen kieferner und fichtener Latten, die eine Zeitlang ungestapelt bei feuchtem Wetter lagerten. Es treten hier zwei verschiedene Nebenfruchtformen auf. Bei der ersten Form geht der besenartig verzweigte Fruchtstand auf

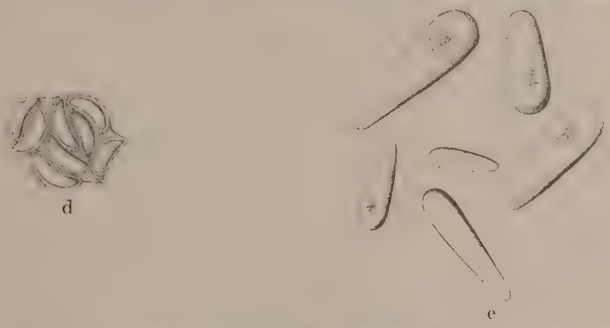


Abb. 82 d u. e. Die beiden wichtigsten Sporenformen, die die Verbreitung des Bläuepilzes bewirken bei gleichstarker Vergrößerung (ca. 2000 fach). — Orig.
d Askus, 8 gleichgroße Askussporen mit ihrer Schleimhülle enthaltend. e Konidiensporen von der Konidienfrucht I. Die Größen stark variierend.

eine einzige oder wenige große Trägerzellen zurück, Abb. 82 c. Bei der zweiten Form vereinigen sich dünne, unverzweigte Hyphen zu einem dichten Strang, der als Sporenträger zu beträchtlicher Höhe nach oben wächst, wie dies die Abbildung 82 b darstellt.

Form 2 ist als besondere Gattung unter dem Namen Graphium beschrieben worden. Während die Fruchtform 1 in der Regel allein vorkommt, werden die Graphien zumeist mit den Schnabelfrüchten gemeinsam ausgebildet, auch unter natürlichen Verhältnissen wird bald die eine, bald die andere Vegetationsform auftreten. An den Spitzen der Endzweige, den sog. Sterigmen, sprossen bei beiden Formen die Sporen: Es wird eine Spore nach der anderen ausgebildet, indem die jüngere die ältere beiseite schiebt (Abb. 82 g). Da die Sporenmembran einen klebrigen Schleim erzeugt, bleiben sämtliche Sporen an den Sterig-

[1]) Die Art ist offenbar mit Münchs Ceratostomella Piceae identisch oder steht ihr nahe.

men und aneinander kleben, so daß sich ganze Sporenhaufen auf dem Scheitel des Trägers anhäufen und hier bei feuchtem Wetter einen klebrigen Schleimtropfen von gelblicher Farbe bilden. Bei der Graphienform sind die Sterigmen kürzer und dichter zusammengestellt, die Sporen erheblich kleiner und von gleichmäßiger Größe, während sich bei der ersten Form neben den zumeist gebildeten großen Sporen auch kleinere in allen Abstufungen vorfinden. Die Sporen der ersten Form sind erheblich keimkräftiger als die der zweiten.

Die beschriebenen Nebenfruchtformen stimmen also darin mit den Askenfrüchten ganz überein, daß ihre Sporen als schleimige Massen auf dem Trägerscheitel der Verbreitung dargeboten werden. Der einzige Unterschied besteht, abgesehen von den Größenverhältnissen, darin, daß der Klebstoff, der die Askensporen einhüllt, in Wasser und einigen anderen Flüssigkeiten unlöslich ist, während es sich bei den Nebenfruchtformen um einen in Wasser quellenden Schleim handelt. Bringt man einen solchen Sporenhaufen auf einen Wassertropfen, so sieht man bei mikroskopischer Beobachtung, daß die einzelnen Sporen durch die aufquellende Schleimmasse kräftig auseinander getrieben und in dem Wasser verteilt werden. Aus diesem Grunde ist anzunehmen, daß die Konidiensporen nicht bloß durch überkriechende Tiere verschleppt, sondern vorzugsweise durch fließendes Wasser, Regentropfen usw. verbreitet werden können, während dies bei der Askenfrucht nicht in Betracht kommt und der wasserunlösliche Klebstoff, der die Askussporen einhüllt, diese vielleicht auch vor den Verdauungssäften ihrer tierischen Verbreiter zu schützen vermag.

Abb. 82f. Konidienbildung an dem in Nährlösung untergetauchten Myzel, 14 Tage nach der Aussaat der Askussporen. Objektglaskultur. Vergr. 600fach. — Orig.

Eine Verbreitung der Sporen durch Luftströmungen kommt hiernach für alle Fruchtformen der Bläuepilze nicht in Betracht.

Wichtig ist es ferner, daß die Keimdauer bei allen drei Sporenformen nur eine beschränkte ist und daß eigentliche Dauersporen für die Erhaltung dieser Pilze nicht existieren. Meine Untersuchungen haben ergeben, daß die verschiedenen Sporenarten unter günstigen Aufbewahrungsverhältnissen etwa einen Monat lang keimfähig bleiben. Die in dickeren Schleimballen vereinigten Sporen sind, weil sie gegen das Austrocknen besser geschützt sind, allerdings erheblich widerstandsfähiger.

Auch die Myzelien sind, wenn das Holz austrocknet, nur verhältnismäßig kurze Zeit lebensfähig; da dieselben aber schnell in die Tiefe des Holzes eindringen und da größere Holzkomplexe nur langsam und unvollständig austrockenen, ist damit unter natürlichen Verhält-

nissen die Erhaltung der Art genügend gesichert, so daß es sich bei den Sporen eigentlich nur um Verbreitungs-, nicht um Dauerorgane handelt. In verblauten Telegraphenstangen und anderen Nutzhölzern, die gestapelt aufbewahrt werden, und zeitweise vollständig austrocknen, habe ich bei zahlreichen Prüfungen immer wieder festgestellt, daß die Myzelien des Bläuepilzes abgestorben waren. Damit hängt es auch wohl zusammen, daß die von dem Bläuemyzel befallenen Holzkomplexe bei derartigen Nutzhölzern außerordentlich leicht von anderen sekundären Fäulen befallen werden, da ein bestimmter Holzkomplex immer nur von einem lebenden Fadenpilz bewohnt werden kann.

Über die Keimung der Sporen und ihre Fortentwicklung ist folgendes beobachtet: Alle Sporenarten keimen in reinem Wasser sowohl wie in Nährlösungen. Durch die Anwesenheit leichtlöslicher Nährstoffe wird die Entwicklung entsprechend gefördert. Bei gleicher Substratbeschaffenheit ist sie von der Sporenart und Sporenmenge abhängig. Am keimkräftigsten sind die großen Konidiensporen von der Form 1 Abb. 82 c, ihre Keimschläuche durchwachsen das Nährsubstrat in kurzen Zeitfristen, während die Entwicklung aus den Askussporen erheblich langsamer vor sich geht. Die geringste Keimkraft besitzen die Sporen der Graphien, die erst anschwellen und in der Zeit von 24 Stunden einen kurzen Keimschlauch treiben. Bei der Aussaat von Askensporen entwickeln sich vorzugsweise die Graphien und die Askenfruchtform, erstere meist vorangehend, während sich von den Sporen der Form 1 fortlaufende Generationen derselben Formation herleiten lassen. Bei direkter Übertragung der Sporen auf feuchtes Kiefernsplintholz erweisen sich gleichfalls die großen Sporen der Form 1 als die für die Ansteckung wirksamsten. Von den Impfstellen dieser Sporen aus erfolgt die Entwicklung der Bläue ebenso schnell wie bei der direkten Übertragung vollentwickelter Myzelien vom Agar-Nährsubstrat.

Abb. 82g. Einfachster Typ der Luftkonidienbildung beim Bläuepilz auf dem Nährtropfen in Objektglaskultur gebildet. Vergr. 600fach. — Orig.
Zweig 1 zeigt die Sprossung der Spore; Zweig 2 und 3 die abgestoßene Spore, bleibt am Träger kleben; 4 es sind bereits 4 Sporen gebildet, die der Sterigmaspitze ankleben.

Große Konidiensporen, direkt auf sterilisiertes Kiefernholz übertragen, haben in 14 Tagen bei Zimmertemperatur 5 × 6 × 5 cm große Kiefernsplintholzklötzchen durchwachsen und auf der Oberfläche wieder dichte Konidienbeläge der Form 1 gebildet. Diese Fruchtform 1 bewirkt hiernach offenbar die Ansteckung des gesunden, frisch bearbei-

teten Holzes auf den Holzplätzen, während die Asken- und Graphiensporen die Ansteckung der berindeten Stämme im Walde besorgen und mit Hilfe der Insekten verbreitet werden.

β) Das Myzel und seine Wachstumsbedingungen.

Die Myzelien der Askomyzeten zeigen keine ausgesprochene Differenzierung in Oberflächen- und Substratmyzel wie die Basidiomyzeten. Wir finden dieselben Myzelien im Innern des Holzes, die an der Oberfläche des künstlichen Substrats fortwachsen (Abb. 82h). Sie haben mehr hyalines Aussehen, verhältnismäßig großes Volumen, tragen keine Schnallen oder sonstige Differenzierungen, sind aber durch zahlreiche Scheidewände gegliedert. Sie sind auch nicht zu weiteren Differenzierungen und Umbildungen befähigt, sondern bleiben als netzartig verbundene Myzelsysteme bestehen, so wie sie anfangs gebildet wurden; es fehlen also auch die Strangbildungen.

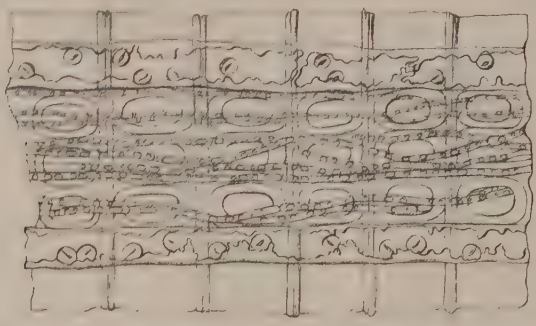


Abb. 82h. Myzelien des Bläuepilzes in den Markstrahlen des Kiefernholzes. Vergr. 600fach. — Orig.

Für die Wachstumsgeschwindigkeit des Bläuemyceliums der von mir untersuchten Arten lassen sich die folgende Werte einsetzen: Der Zuwachs in zwei Tagen beträgt:

bei	10°	14°	18°	22°	25°	27°	34° C
ca.	7	14	22	30	35	30	0 mm

Die optimale Zone liegt um 25°, das Maximum bei ca. 34°. Hiernach läßt sich überschen, einen wie weitgehenden Einfluß die Temperatur ausübt und wie schnell von den in Frage kommenden Infektionsstellen ausgehend die Verblauung des Holzes unter der Voraussetzung dauernd günstiger Bedingungen fortschreiten kann. Da in dem Holzsubstrat unter natürlichen Verhältnissen neben der Temperatur nur der Feuchtigkeitsgehalt weitgehenden Schwankungen unterliegt, wird das Wachstum der Myzelien und die Schnelligkeit des Verblauens vorzugsweise durch Temperatur und Feuchtigkeitsverhält-

nisse des Substrates bedingt sein. Bezüglich der letzteren verhalten sich die Bläuemyzelien im Prinzip ebenso wie alle anderen Myzelien. Sie können weder in wassergefülltem Holz wachsen (aus diesem Grunde bildet die Wassereinlagerung des Holzes auch einen Schutz gegen Bläue), noch von einem gewissen Trockenheitsgrade an fortkommen.

Da auch die Askomyzetenmyzelien nur an den Grenzschichten zwischen festem Substrat (hier die Zellmembrane) und Luft (Zellluft) wachsen, kann das Eindringen durch die Füllung der Holzzellen mit Wasser erschwert und vollständig verhindert werden. Diese für das Wachstum erforderlichen Luftschichten müssen aber mit Wasserdampf gesättigt sein, schon ein geringeres Sättigungsdefizit hat eine Hemmung des Wachstums zur Folge. Der Wassergehalt der Holzmembran muß dagegen immer hoch genug sein, daß er eine Sättigung der eingeschlossenen Lufträume mit Feuchtigkeit für genügend lange Zeitfrist ermöglicht. Das Minimum ist derjenige Wassergehalt, den die Holzmembran aus feuchtigkeitsgesättigter Luft selbst aufnimmt (ca. 15—20% des Holzgewichtes). Dabei ist zu berücksichtigen, daß der Wasserdampfgehalt in der Luft in hohem Grade von der Temperatur abhängt und daß die Gleichgewichtszustände zwischen beiden um so leichter eintreten und sich halten können, je niedriger die Temperatur liegt. Während bei den von der Rinde umgebenen Rundhölzern die Feuchtigkeit sich verhältnismäßig lange im Innern halten kann, wird für die bearbeiteten Hölzer, insbesondere für Bretter und Bohlen, alles darauf ankommen, ihre dem Befall besonders ausgesetzten Oberflächen vor zu langer Einwirkung feuchtigkeitsgesättigter Luftschichten zu schützen. Da das Wachstum der Bläuemyzelien unterhalb $5^0 = 0$, bei den nächsthöheren Temperaturen nur ein geringes ist, wird dies vor allem bei Beginn der wärmeren Jahreszeit zutreffen, bei welcher die Luft nicht mehr für längere Zeitdauer mit Feuchtigkeit gesättigt ist. So erklärt es sich, daß Bretter, die sofort nach dem Schneiden luftig mit infektionssicheren (imprägnierten) Unterlagen und Zwischenlagen gestapelt werden, vor weitgehendem Pilzzerfall gesichert sind, da sich feuchtigkeitsgesättigte Luftschichten nur bei dichter Aufeinanderlagerung der Holzoberfäche halten können.

Ernährungsphysiologisch kann über das Myzel der Askomyzeten insoweit dasselbe gelten, wie für die Myzelien der Basidiomyzeten, als es sich um die Aufnahme gelöster Nahrungsstoffe handelt. Was aber die Holzzersetzung betrifft, so ist kein Askomyzet bekannt, der typische Destruktions- und Korrosionserscheinungen des bautechnisch verwerteten Holzes hervorzurufen vermag.

Wir wissen, daß die Myzelspitzen auch auf mechanischem Wege imstande sind, Membranen, dünne Goldblättchen usw. zu durchstoßen, ohne daß chemische Auflösungsprozesse in Frage kommen. Es steht aber auch der Annahme nichts im Wege, daß die fortwachsenden Hyphenspitzen die Holzmembranen an den Stellen ihres Wachstums auflösen können ohne weitergehende Zersetzungen zu bewirken. Nach den Erfahrungen in der Praxis und den Ergebnissen exakter Versuche (Münch) muß angenommen werden, daß die Myzelien des Bläuepilzes

eine wesentliche Veränderung des spezifischen Gewichtes und der Dauerhaftigkeit des verblauten Holzes nicht herbeiführen. Auch im mikroskopischen Bilde sind keine Auflösungen oder Destruktionen der Membranen zu beobachten. Es sprechen vielmehr alle Beobachtungen dafür, daß diese Organismen es vorzugsweise auf die in den Zellen vorhandenen, leichter löslichen Bestandteile, Plasmareste, Stärke, Öl und dergleichen abgesehen haben; damit steht im Einklang, daß die Hyphen des Bläuepilzes wiederum im Gegensatz zu den Basidiomyzeten mit Vorliebe in den reservestoffreichen Markstrahlenzellen verlaufen, Abb. 82h. Auch im makroskopischen Bilde sieht man in radialen Spaltflächen des verblauten Holzes die Markstrahlen als dunkelblaue Streifen sich besonders deutlich abheben.

γ) Beurteilung und Bekämpfung.

In der Bautechnik wird die Bläue des Koniferenholzes daher nicht als wertmindernd beurteilt und zu beurteilen sein, sondern lediglich als Schönheitsfehler, der die Verwendung des Holzes für Tischlereizwecke usw. beeinträchtigt. Gleichwohl wird es von Behörden und auf Grund von Verkehrsnormen vielfach zurückgewiesen. Mit demselben Recht müßten dann auch andere im Bauholz stark verbreitete Askomyzetenfäulen beanstandet werden, insbesondere die Trichodermafäule des Koniferenholzes, die mindestens in derselben Verbreitung vorkommt, wie die Bläue und das Holz auch in ähnlicher Weise befällt, bisher aber weder in der Praxis noch in der Wissenschaft als Zersetzungserscheinung bekannt und behandelt worden ist, weil nämlich die Hyphen dieser Artengruppe farblos sind und sich der makroskopischen Beobachtung entziehen.

Die Frage, ob die Bläue den Wert jedweder technisch verwertbaren Holzsubstanz — ganz abgesehen von der Verfärbung — beeinflußt, ist gleichwohl nicht kurzerhand abzuweisen. Nach meinen Beobachtungen ist gerade der Bläuepilz für die länger im Freien oder in feuchter Luft verbleibenden Hölzer nicht so harmlos, wie dies seither den Anschein hatte. Ich konnte beobachten, daß verblautes, splintreiches Koniferenholz — insbesondere Telegrafenstangen, Masten usw. — für den Befall durch bestimmte andere Erreger disponiert ist, und daß die im verblauten Holz sekundär auftretenden Erreger dann in verhältnismäßig kurzen Zeitfristen eine weitgehende Entfestigung des Holzes bewirken. Hier ist in erster Linie die in der Praxis als Rotstreifigkeit bzw. Rotfäule bekannte Zersetzung zu nennen, die sich zunächst in Streifen und Bändern in den verblauten Splintholzkomplexen einstellt und sich später über den ganzen Splint erstrecken kann. Wie dies schon der Name besagt, ist dieser Angriff mit einer Umfärbung von blau und grau in einen ausgesprochen rötlichen Farbenton verbunden. Diese Rotfäule wird zumeist durch ein Wirtelschnallen tragendes Myzelium verursacht, das der Coniophoragruppe nahe steht, aber mit keiner der im 5. Abschn. beschriebenen Arten identisch ist. Nicht zu verwechseln ist diese besonders beim Kiefernholz beobachtete Rotstreifigkeit mit der in

unseren Fichtenbeständen sehr verbreiteten Rotfäule der unteren Stammteile, die eine Wurzelerkrankung des lebenden Baumes darstellt, im Laufe der Jahre über den Wurzelhals hinaus in die unteren Stammteile übergreift und durch eine Reihe parasitischer Erreger, vorzugsweise durch Polyporus annosus, hervorgerufen wird.

Daß es möglich ist, durch die oben genannten Maßnahmen des Trockenschutzes die Bläue zu bekämpfen, haben die Erfahrungen in der Praxis ergeben. Gleichwohl wird aber wohl den meisten Holzbearbeitungsstellen die Erfahrung nicht erspart geblieben sein, daß es unter ungünstigen Witterungsverhältnissen und bei bestimmten Hölzern trotz aller Sorgfalt nicht möglich ist, den Bläuepilz vollständig auszuschließen. Daß dasselbe Holzmaterial unter denselben klimatischen Verhältnissen an den verschiedenen Bearbeitungsstellen nicht in gleichem Grade der Verblauung unterliegt, liegt im wesentlichen an den verschieden günstigen Infektionsbedingungen.

Auch zur Bekämpfung der Bläue wird man daher zukünftig die holzhygienischen Gesichtspunkte mehr berücksichtigen und der speziellen Art und Verbreitungsweise des Erregers Aufmerksamkeit zuwenden müssen. Man wird hier bei der Bläue zunächst darauf zu achten haben, daß die beschriebenen Fruchtformen des Pilzes, die auf verblauten Holzteilen oder Holzabfällen vorkommen, auf das frisch bearbeitete gesunde Holz nicht auf irgend einem Wege übertragen werden. Verblautes Totalitäts- und Brennholz, ersteres wird ja vielfach zu Kistenholz usw. verarbeitet, sollte nicht auf denselben Gattern geschnitten, auf denselben Plätzen gelagert, von denselben Personen gleichzeitig gestapelt werden usw. In allen denjenigen Fällen jedoch, in welchen der Infektionsschutz auf diesem Wege nicht durchführbar ist, auch bei ungünstigen klimatischen und örtlichen Verhältnissen der Bearbeitungs- und Lagerstätten, wird man durch die Anwendung geeigneter chemischer Desinfektionsmittel viel erreichen können. (Siehe Vierter Teil: Anwendungsgebiete.)

2. Tiere.

a) Landtiere.

Von Professor Dr. **Karl Eckstein**-Eberswalde.

Allgemeines.

Unter den zahlreichen physiologischen und biologischen Wechselbeziehungen, welche zwischen Tieren und Pflanzen bestehen, sind für die Zwecke dieses Buches nur diejenigen beachtenswert, bei welchen erstere einen derartigen Einfluß auf die holzigen Teile der Pflanzen gewonnen haben, daß deren technische Verwertbarkeit beeinträchtigt wird. Die zahlreichen Holz bewohnenden, physiologisch schädlichen Tiere sind nicht in den Kreis der Betrachtung gezogen worden.

Das Holz der Pflanze ist mancherlei Angriffen durch Tiere ausgesetzt. Die holzigen Wurzeln lebender Pflanzen benagt der Engerling des Maikäfers, die stärksten Wurzeln der Kiefer und Fichte, wenn sie beim Abtrieb des Bestandes oder beim Einschlag einzelner Stämme nicht gerodet werden, zerstört die Larve des großen braunen Rüsselkäfers (Hylobius abietis) ebenso wie die Wurzeln des vereinzelt im Bestande abgestorbenen Stammes. In dünnen holzigen Haselzweigen lebt die Larve des Haselböckchens (Oberea linearis), in den stärkeren Zweigen der Aspe jene des Aspenbockkäfers (Compsidia populnea).

Das Holz der Äste und des Stammes wird von den Larven der Holzwespen (Sirex), von Bockkäferlarven und von Schmetterlingsraupen (Cossidae, Sesiidae) bewohnt; in Splint, Bast und Rinde hausen Borkenkäferlarven, und mancherlei Beschädigungen, die sich allein auf die Rinde erstrecken, sind bedeutungsvoll für das Wachstum des darunter gelegenen Holzes, da sie häufig zu „krebs"artigen Erscheinungen, Überwallungen, Maserbildungen führen.

Die Lebenstätigkeit der Feinde des Holzes, welche dem Tierreich angehören, ist auf die Zerstörung des Holzes gerichtet, wobei die Tiere ihren Naturtrieben folgend für den eigenen persönlichen Schutz sorgen, sich eine Wohnung bauen, Brutplätze für die Nachkommen schaffen oder zur Erhaltung der eigenen Person das Holz als Nahrung verwenden. Vielfach wird die Arbeit des Wohnungsbaues und jene der Nahrungsaufnahme durch ein- und dieselbe Tätigkeit geleistet.

Die einzelnen Tierarten stellen verschiedene Ansprüche an die Beschaffenheit des für ihre besonderen Zwecke zu benutzenden Holzes. Die einen bedürfen des lebenden gesunden Holzes, wie die holzbewohnenden Schmetterlingsraupen, sie finden sich nur in frohwüchsigen Bäumen; die anderen verlangen kränkelnde Stämme, d. h. durch den Sturm geschobene und in ihrem Wurzelsystem gelockerte, entwipfelte oder durch Verwundungen am Stamme beschädigte, infolge von Raupenfraß (Nonne, Kiefernspinner, Kiefernspanner, Blattwespen) der zum Leben notwendigen Nadelmenge beraubte Exemplare. Aber sie besetzen auch von den Nachbarstämmen im Wachstum überholte, unterdrückte, durch Rauch und giftige Gase (Hüttenrauch) beeinflußte, dem Tod verfallene, absterbende Bäume mit geringer Saftzirkulation und nehmen auch die frischgefällten Hölzer, welche in eben gedachter Hinsicht den kränkelnden Stämmen gleichen. Diesen allen gegenüber stehen jene Tiere, welche „Holz" im Sinne des Technikers, nicht Bäume im Walde, sondern mehr oder minder trockenes unverarbeitetes, ganz oder teilweise zugerichtetes Holz auf Lagerplätzen, in Schuppen, Lagerräumen oder völlig trockenes, verbautes und verarbeitetes Holz befallen. Manche Tiere lassen sich mit dem aus dem Wald abgefahrenen Holz auf die Lagerplätze verschleppen, andere nehmen das Holz erst hier in Besitz.

Die holzbewohnenden Insekten sind stets in der Natur vorhanden. Doch machen sie sich in gewissen Jahren stärker bemerkbar als in anderen, nämlich dann, wenn sie zu ihrer Vermehrung reichlich Gelegenheit, d. h. Brutmaterial gefunden haben, in dem sich ihre Larven entwickeln können. Dazu kommt selbstverständlich, daß sie allgemein günstige

Bedingungen, ein Temperatur- und Witterungsoptimum finden, und daß ihre Feinde möglichst gering an Zahl sind.

Viele Tiere stehen nur zu einer einzigen Pflanze in biologischer Wechselbeziehung, sie sind monophag, andere finden mehrere oder zahlreiche Holzarten für ihre Zwecke geeignet, sie sind polyphag. Ausnahmsweise nehmen monophage Insekten auch eine ihrer Futterpflanze verwandte Holzart an. Günstige Existenzbedingungen haben Massenvermehrungen der Tiere im allgemeinen, auch der das Holz bewohnenden, zur Folge. Tiere, welche in der Regel nur kränkelnde Stämme befallen, gehen bei Massenvermehrung auch ganz gesunde Bäume an. Schwächeren Angriffen leisten letztere Widerstand, zahlreichen und wiederholten Angriffen fallen sie zum Opfer.

Die Folgen der Tätigkeit holzzerstörender Tiere auf das Holz ist eine sehr verschiedene.

Die Zerstörung des lebenden Holzes ist ohne weitere Folgen, wenn dieselbe sich auf einen verhältnismäßig geringen Teil des befallenen Stammes erstreckt, die entstandene Wunde verheilt durch Überwallung (Zeuzera pyrina). Ist die Zerstörung des lebenden Holzes gleichbedeutend mit einer Unterbindung der Saftzirkulation, so tritt der Tod der Teile des Baumes ein, welche durch die Beschädigung von der Saftzufuhr abgeschnitten sind. Die Muttergänge von Myelophilus minor haben das Absterben des Kiefernwipfels zur Folge, wenn sie so dicht aneinander gereiht sind, daß sie die Saftzirkulation unterbinden. Gar nicht besonders zahlreiche Tomicus dispar, welche in einer jungen Eiche oder in einem Obstbaume ihre in den jüngeren Jahresringen verlaufenden Gänge nagten, bringen dem Stämmchen unabwendbaren Tod. Andere Schädlinge zerstören keine Holzmasse. Sie senken ihre feinen Saugorgane verhältnismäßig tief in den Holzkörper und üben durch die nunmehr erfolgende Entziehung von Saft eine Reizwirkung auf den Stamm aus, auf welche dieser durch Maserbildung oder Entstehung von Wundstellen reagiert.

Die Zerstörung der Holzsubstanz des toten, geschlagenen Holzes bedingt eine teilweise oder völlige Entwertung des Holzes. Die von den im Holze brütenden Borkenkäfern angelegten Gänge sind im Innern schwarz gefärbt; diese Färbung hat auch das umgebende Holz mehr oder minder weit ergriffen. Werden diese schwarzen Teile nicht sorgfältig entfernt, dann wird die aus diesem Holz hergestellte Zellulose schwarzfleckig und für viele Zwecke unbrauchbar. Geräte aus derartigem Holze herzustellen, ist ebenfalls unmöglich.

Völlige Entwertung des Holzes tritt ein, wenn die Larvengänge derart groß und breit sind, daß die aus dem betreffenden Stück geschnittenen Teile ihre Festigkeit verlieren.

Es ist besonders zu beachten, daß die im Holze verlaufenden Gänge häufig erst sichtbar werden, wenn das betreffende Stück zugeschnitten wird, da man äußerlich oft die Anfangsstelle des Ganges nicht sieht und keinen Anhaltspunkt haben kann, in welcher Richtung und wie tief er sich in das Holz erstrecken wird. Außer dem Verlust des betreffenden Werk-

holzstückes hat der Fabrikant auch den Verlust an Lohn und Zeit für die nun auf einmal wertlos gewordene Arbeit zu tragen.

Die Bekämpfung der Feinde des Holzes erfolgt, soweit sie im Walde zu geschehen hat, nach den Regeln einer besonderen forstlichen Disziplin, des Forstschutzes, d. h. nach den Vorschriften, welche auf Grund zoologischer Forschung und technischer Erprobung von Vertilgungsmaßregeln als zweckmäßig und Erfolg versprechend erkannt sind.

Viel schwieriger gestaltet sich die Bekämpfung der Feinde, welche das Holz auf den Lagerplätzen der Holzhändler, den Speichern der Industriellen befallen, weil hier stets Holz zum Ablagern und Austrocknen angesammelt ist, das den Eier legenden Weibchen willkommene Brutstätten darbietet.

Erste und wichtigste Regel ist: Jederzeit alles Holz sofort zu entfernen, dessen Verwendung im Umfang des betreffenden Betriebes ausgeschlossen ist, damit Schädlingen keine Stätte zum Einnisten gegeben ist. Sind auf dem betreffenden Lagerplatz Schädlinge vorhanden, dann beseitige man dieses Material bald nach der Fortpflanzungszeit der Schädlinge, um die an dieses Holz abgelegten Eier, sowie die daraus entstehenden Larven unschädlich zu machen. Der jahrelang fortgesetzten peinlich sorgfältigen Befolgung dieser Regel ist der Erfolg sicher!

a) Schädlinge des einheimischen Holzes[1]).

Auf die einzelnen zoologischen Gruppen der Tiere sind die Feinde des Holzes sehr ungleichmäßig verteilt. Unter den Säugetieren kommen das Rot- und Damwild und einige Nagetiere in Betracht. Die holzzerstörenden Vögel sind allein durch den Specht vertreten; am zahlreichsten sind die schädlichen Insekten.

Man könnte diese Schädlinge gruppieren in solche, die am oder im lebenden Holze der Waldbäume vorkommen und in solche, welche im Nutzholz (Bau- und Werkholz) leben. Da aber gar manche (Bockkäfer, Holzwespen) den stehenden, vielleicht noch teilweise grünbenadelten Stamm befallen oder den sterbenden Stamm, so lange er noch Waldbaum, nicht Bauholz ist, so ist eine scharfe Trennung nicht möglich, und es soll, um Wiederholungen zu vermeiden, die zoologisch systematische Reihenfolge gewählt werden.

A. Säugetiere.

Die Säugetiere, welche durch Verbeißen (Ziege, Rotwild, Reh), Fegen (Rotwild, Reh) und Benagen der Rinde (Schläfer, Eichhorn, Mäuse) im Walde an jungem Holze großen Schaden machen können, spielen, soweit es sich um die technische Verwertbarkeit des Holzes handelt, nur eine geringe Rolle. Der Bäume fällende Biber wird in Deutschland an Elbe und Saale als Naturdenkmal geschützt.

[1]) Vgl. S. 195.

Rotwild: Cervus elaphus L. Das Rotwild schält, d. h. es reißt die Baumrinde ab, um sie zu verzehren, am meisten die der Fichte, wobei 20—40jährige Bestände bevorzugt werden, und die der Eiche, zumal der 15—20jährigen, ferner jene von Tanne, Esche, Rotbuche, Hainbuche, Ahorn, Aspe, weniger Pappel und Kiefer

Abb. 83. Lindenrinde vom großen Buntspecht behackt. Nat. Gr.

Abb. 84. „Wanzenbaum", Kiefer vom großen Buntspecht behackt. 1/10 nat. Gr.

im Dickungsalter, Schwarzkiefer, Lärche, Erle, Birke am wenigsten.

Die nachteiligen Folgen des Schälens sind Verunstaltungen des Schaftes, Rotfäule u. a. Die Überwallung erfolgt bei Laubhölzern rascher, als bei Nadelhölzern, stets bleiben Schäden und Faulstellen zurück; am schwersten erholen sich Ahorn und Fichte. Die geschälten Stämme sind am (unteren) Stockende auf 2—3 m zu Nutzholz untauglich.

In ähnlicher Weise wie das Rotwild schält auch das Damwild.

B. Vögel.

Großer Buntspecht: Picus (Dendrocopus) major. Wie der Schwarzspecht (P. martius), so betätigt sich auch der große Buntspecht (Picus major) im Walde auf mannigfache Weise. Beide wissen mit kräftigem Schnabelhieb die Rinde sterbender Stämme abzulösen, wenn sie durch Perkutieren die Anwesenheit von Hohlräumen unter derselben festgestellt haben und mit Hilfe ihrer Zunge die hier lebenden Larven von Borken- und Bockkäfern, ebenso die dort versteckten Spinnen und Fliegen zu fassen. Beide zimmern in anbrüchigen Stämmen ihre Nisthöhlen ebenso wie die anderen Spechtarten. Diese Tätigkeit ist bezüglich des Werk- und Nutzholzes belanglos, da sie sich naturgemäß nicht auf gesunde Stämme erstreckt.

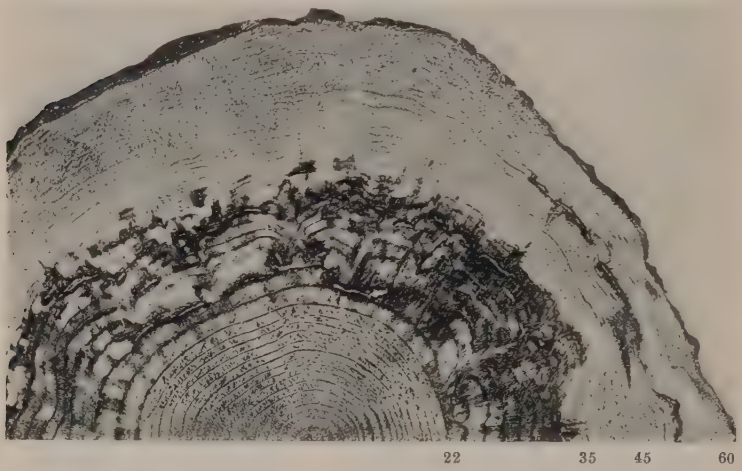


Abb. 85. Wanzenbaum im Querschnitt. Die Zahlen geben das Alter des Stammes nach den Jahresringen an. $^1/_4$ nat. Gr.

Der große Buntspecht ist die einzige der deutschen Spechtarten, welche wie gewisse amerikanische Spechte nicht nur Insekten und Nadelholzsamen verzehrt, sondern das Holz gesunder Stämme beschädigt. Er hackt, um Saft zu lecken, an Laub- und Nadelholz; mit Vorliebe befällt er Linde, Akazie, Eiche, Aspe, vor allem aber die Kiefer, und zwar ausschließlich ganz gesunde Stämme. Die ursprünglich trichterförmigen Wundlöcher, welche bis auf das saftführende Cambium reichen, stehen selten unregelmäßig, meist sind sie in horizontalen Reihen geordnet (Abb. 83). Noch nach Jahren erkennt man deutlich in der Borke der Aspe und Linde die Wundlöcher, während im Inneren längst die Überwallung stattgefunden hat. Die Überwallungen erscheinen bei der Kiefer

als starke Ringwulste. Solche Stämme sind dem Forstmann unter der Bezeichnung „Wanzenbäume“ bekannt. (Abb. 84 und 85.)

Eine andere Untugend der Spechte besteht darin, daß sie einzeln eingesprengte und deshalb auffallende Stämme anfliegen und ihre Rinde vollständig zerhacken. Wenn nicht der Tod des befallenen jungen Stammes die Folge ist, zeigt das Holz später eine durch Überwallung der Wunden hervorgerufene Mißbildung.

C. Insekten.

Die Insekten schaden entweder wie die Ameisen und die einzige in unseren Betrachtungskreis fallende Schildlausart als vollkommen entwickeltes Insekt (Imago) oder als Imago und Larve (Nagekäfer, Borkenkäfer) oder schließlich als Larven allein (Bockkäfer, Holzwespen, Schmetterlinge, Zweiflügler). Die Zerstörung des Holzes seitens der Imago erfolgt zum Zwecke der Brutpflege, indem sie Gänge frißt, in welchen die Eier abgelegt werden; von den Larven wird das Holz zum Zweck der Ernährung vernichtet. Die Insekten zerstören das Holz nicht, indem sie dasselbe an einer Stelle beginnend verzehren, sondern, indem sie es, in das Innere eindringend, in geraden oder vielfach geschlungenen Gängen durchwandern, sich gleichzeitig ernährend und in der Nahrung einen Weg bahnend. Zum Zwecke der Verpuppung kehren viele nach der Oberfläche zurück, um die Stätte ihrer Entstehung durch ein charakteristisch gestaltetes Flugloch zu verlassen.

Abb. 86a. Wellenbindiger Eichenprachtkäfer. Nat. Gr.

Abb. 86b. Wellenbindiger Eichenprachtkäfer. Larve. Nat. Gr.

Die Folgen ihrer Lebensbetätigung sind durch die einzelnen Arten eigentümlichen Merkmale gekennzeichnet; deshalb kann man den Schädling, der nur wenige Wochen als Imago beobachtet werden kann und dann selten, oft gar nicht, gesehen wird, an der Form und Gestalt der Larvengänge erkennen und ohne weiteres die zu seiner Abwehr und Bekämpfung notwendigen Maßregeln treffen. Es sei ganz besonders darauf hingewiesen, daß die Vernichtung eines Schädlings nur durch energische, fortgesetzt angewendete, rücksichtslose Durchführung der Bekämpfungsmaßregel erreicht werden kann.

a) Käfer. Die hier in Betracht kommenden Käfer entwickeln sich entweder im Holz oder unter der Rinde, gehen aber im letzteren Fall zur Verpuppung in das Holz. Die der letzteren Gruppe angehörenden Arten, welche nur 1 oder 2 cm tief eindringen, verdienen deshalb Erwähnung, weil es in manchen Fällen von Bedeutung sein kann, zu wissen, daß die Beschädigung nur eine oberflächliche, das Innere des Holzes aber gesund ist.

1. Blatthornkäfer: Gnorimus nobilis L., der den Rosenkäfern (Cetonien) verwandte Käfer von 15 mm Länge ist stark glänzend grün, kupfrig oder goldig; Flügeldecken mit einigen weißen Punkten und Querflecken; die Afterdecke ist stark weiß gefleckt.

Abb. 87a. Bohrkäfer, Lymexylon dermestoides. $^6/_1$ nat. Gr.

Abb. 87b. Bohrkäfer, Lymexylon dermestoides. Larve. $^3/_1$ nat. Gr.

Der Käfer brütet in Robinia pseudacacia. In der Stadt Pribram in Böhmen ist eine ganze Allee seit Jahren infiziert. Die Larven leben in Gefangenschaft schon im dritten Jahr und fressen die härtesten Holz- und Rindenstücke. Sie wachsen sehr langsam. Die Käfer sitzen im Juli aufblühenden Sträuchern.

2. Prachtkäfer: Lindenprachtkäfer, Buprestis (Lampra, Poecilonota) rutilans L. Flugzeit Mai—Juni. Larve in starken Ästen, selten am Stamm der Winterlinde, Tilia parvifolia, die Puppenwiege geht bis 1 cm in das Holz. Das Flugloch in der Rinde ist quer-oval, 6 mm lang. Der Lindenprachtkäfer hat in Teplitz (1880) die Südseite der Lindenstämme auf mehrere Meter Länge technisch entwertet.

Wellenbindiger Eichenprachtkäfer, Agrilus (Coraebus) undatus F. (Abb. 86a. b). Die Larvengänge werden 1,5—1,8 cm lang, verlaufen in etwa 30 cm bis 2 m Höhe über dem Erdboden am Stamm, anfangs im Cambium, später dringen sie in die

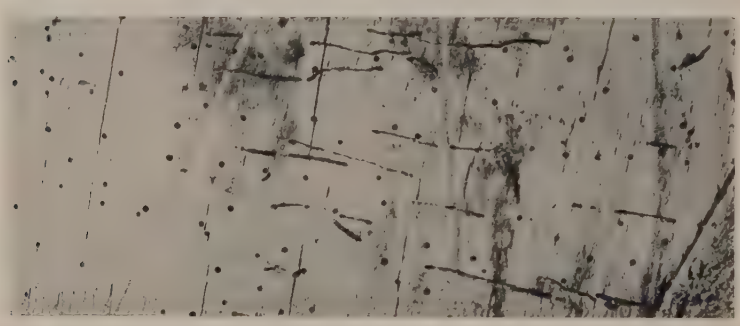


Abb. 87c. Buchenstamm von Lymexylon dermestoides befallen. Die Rinde ist abgehoben. $^1/_3$ nat. Gr.

Rinde der Korkeichen ein, durchziehen diese unregelmäßig und entwerten sie. Die Larve wird hauptsächlich in Südeuropa schädlich, ist aber auch in anderen Eichen in Baden aufgetreten.

3. Werftkäfer: Sägehörniger Bohrkäfer. Lymexylon (Hylecoetus) dermestoides L. (Abb. 87a. b) Männchen schwarz mit braunen Beinen, Weibchen rötlich gelb-braun. 6—18 mm. Flugzeit: April, Mai. Die Larvengänge verlaufen seltener wagerecht unter der Rinde von Buchen, Birke und Eichen (Abb. 87c), meist dringen sie radial in das Holz ein (Abb. 87d u. e) Sie sind stets frei und leer, da die Larve das Nagsel nach außen schafft. Es liegt wie feines Sägemehl am Boden. Die Löcher, durch welche die Larve in die Rinde eingedrungen ist, sind nur so groß, als wenn sie mit einer Stecknadel gestochen wären. Durch diese wird das Bohrmehl mit Hilfe des Schwanz-

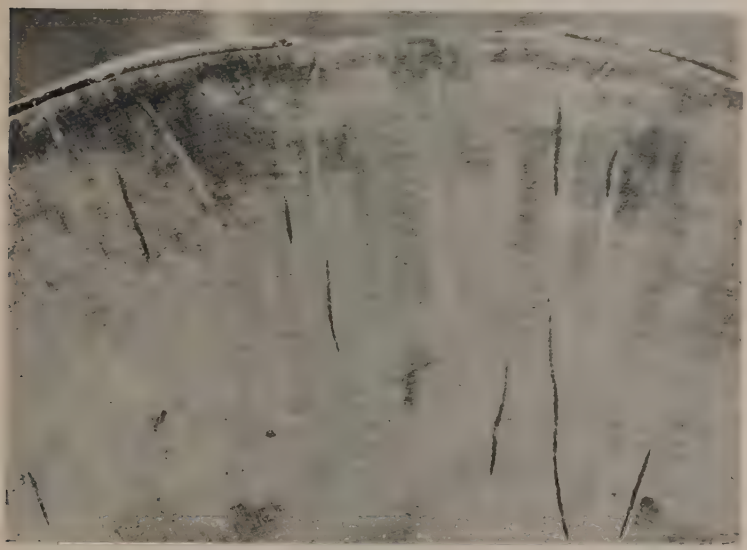


Abb. 87d. Buche, Querschnitt mit Gängen von Lymexylon dermestoides. ½ nat. Gr.

stachels nach außen befördert. Die Fluglöcher haben einen Durchmesser von 1 mm, die Larvengänge einen solchen bis zu 2 mm. Die Larve ist ausgezeichnet durch eine stark aufgetriebene Vorderbrust mit stark gekörnelter, gewölbter Nackenplatte und ein stachelartig verlängertes Schwanzende. Sie wird 22 mm lang. Sie lebt weit verbreitet im Walde in Buchenstöcken, findet sich aber auch in Eichen-, Birken- und Buchenstammholz unter Umständen in solchen Mengen, daß das Holz zu Parkettböden, Schwellen, Brettwaren und Holzschuhen unbrauchbar ist. Im Jahre 1907 waren die Larven auf Sägewerken in Reichshofen und Barr (Reichsland) so stark aufgetreten, daß Buchenstämme durch den Fraß wertlos geworden waren. Vorbeugungsmaßregel: Rasche Abfuhr des Holzes vor der Flugzeit, spätestens Mitte April.

Kammhörniger Bohrkäfer, Lymexylon (Hylecoetus) flabellicornis Schneid. Diese, als Männchen durch gekämmte Fühler ausgezeichnete Art vertritt stellenweise in Norddeutschland den Lymexylon dermestoides. Die Larve tritt nur in den im Walde verbliebenen Buchenstubben auf. Schäden, die sie in Nutzholz angerichtet hätte, sind in Norddeutschland noch nicht bekannt geworden.

Werftkäfer, Lymexylon navale L. (Abb. 88a, b). Das Männchen ist schwarz, das Weibchen ockergelb. Die Körperlänge schwankt zwischen 5—12 mm. Während der Flugzeit im Juni, Juli werden ältere Eichen, stehende Stämme und gefälltes Holz in Ritzen und an Sägeschnitten mit Eiern belegt.

Abb. 87e. Buche, Längsschnitt mit Gängen von Lymexylon dermestoides. 1/8 nat. Gr.

Die Larve besitzt eine stark aufgetriebene Vorderbrust mit gewölbter glatter Nackenplatte, das Hinterende des Körpers ist nach oben gerichtet, zylindrisch, stumpf und mit kurzen Dornen besetzt. Sie wird 14 mm lang. Die Larvengänge (Abb. 88c, d) verlaufen im Holze ähnlich jenen der vorhergehenden Art. Der Käfer trat früher auf Schiffswerften in weit größerem Umfange auf als in der Neuzeit, da Stahl und Eisen das Holz im Schiffsbau großenteils verdrängt haben.

4. Nagekäfer: Pochkäfer, Anobium. Kleine Käfer von zylindrischer bis eiförmiger Gestalt, 3—5 mm Länge, mit unter dem Halsschild verborgenem Kopf, von düsterer Färbung. Einige Anobien brüten in der Borke älterer Stämme (Anobium emarginatum an Fichte), ohne irgendwelchen Schaden zu machen; andere brüten in anbrüchigen Stellen lebender Stämme (Xestobium rufo-villosum Geer. an Eiche, Xestobium plumbeum Ill. an Buche und Birke) ohne hier schädlich zu werden; wieder andere bringen Äste zum Ab-

sterben (Sinoxylon bispinosum Oliv. in Reben, Synoxylon sexdentatum Oliv. in Steineichen Südeuropas) oder zerstören Triebe (Ernobius pini St.) oder leben in Nadelholzzapfen (Ernobius abietis Fabr. u. a.). Die technisch schädlichen Nagekäfer befallen gelagertes, verarbeitetes, oft schon völlig lufttrockenes Holz.

Der Zoologe unterscheidet mehrere Arten:

Totenuhr, Anobium domesticum Geoffr. (striatum Oliv.). In Laub- und Nadelholz. Die kleinen kreisrunden Löcher, durch

Abb. 88a. Werftkäfer, Lymexylon navale. $^2/_1$ nat. Gr.

Abb. 88b. Werftkäfer, Lymexylon navale. Larve. $^2/_1$ nat. Gr.

Abb. 88c. Eiche von Lymexylon navale befallen, Rindenseite. Nat. Gr.

welche die fertigen Käfer das Bohrmehl ausstoßen, sind an alten Möbeln allbekannt; der Käfer verursacht das als Totenuhr bekannte Ticken; er kommt auch in Dachholz vor.

Anobium (Ernobius) molle L. Befällt mit Vorliebe berindetes Nadelholz, zumal in Holzsammlungen (Abb. 89a bis c).

Anobium (Dendrobium) pertinax L. In Sparren und Dachbalken alter Häuser, besonders in Kiefernholz. (Abb. 89d.)

Anobium (Xestobium) rufovillosum Geer. (tesselatum Oliv.). In altem Eichenholz, Balken, Fußböden.

Anobium (Trypopitys) carpini Hbst. in trockenem Fichtenholz.

Gekämmter Pochkäfer, Anobium (Ptilinus) pectinicornis L. in altem harten Laubholz. (Abb. 90.)

Anobium (Ptilinus) fuscus Geoffr. (costatus Gyll) in weichem Laubholz.

Die ersten Angriffe aller Arten sind unmerklich. Die fressenden Larven vermeiden die Oberfläche, höhlen aber unter ihr das Holz in dicht gedrängten unregelmäßigen Gängen sehr stark aus.

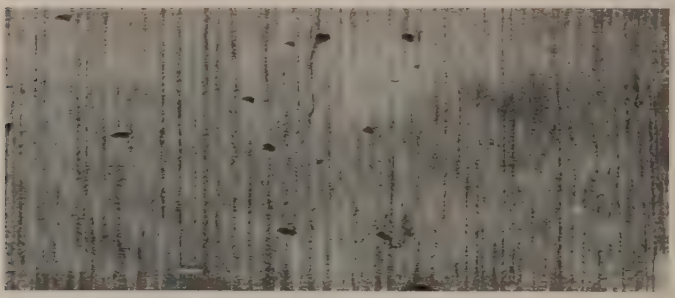


Abb. 88d. Eiche, Radiärschnitt, von Lymexylon navale befallen. Nat. Gr.

Abb. 89a. Anobium molle. $^{2}/_{1}$ nat. Gr.

Abb. 89b. Anobium molle. Larve. $^{5}/_{1}$ nat. Gr.

Die Larven aller Arten sind einander sehr ähnlich. Sie sind weiß; der Vorderkörper ist verdickt, der Hinterkörper verjüngt bauchwärts eingekrümmt, fein behaart, der Kopf ist schmäler als die aufgetriebene Brust, die Füße sind deutlich. (Abb. 89b.) Das Feuchtigkeitsbedürfnis der Larven ist verschwindend klein, sie leben auch in ganz trockenem Holze.

Die Fluglöcher sind je nach den Arten in der Größe verschieden: 1 bis 1,5 bis 2 mm, ebenso die Breite der Larvengänge.

Durch Anobien ist der Holzbau, der die Gipsstuckdecke der Hauptkirche zu Altona trägt, stark gefährdet gewesen.

Anobium molle zerstörte vor Jahren die nicht konservierten berindeten Nadelholzschaustücke der zoologischen Sammlungen der Forstakademien Tharandt und Eberswalde.

Rotflügliger Holzbohrer, Apate (Bostrichus) capuzina L. (Abb. 91).

Der Käfer hat rote Flügeldecken, ein stark gewölbtes, rauhes starkgekörneltes schwarzes Halsschild. Länge 6—13 mm. Die Larve lebt in Edelkastanien- und Eichenholz; sie zerfressen das Holz in ein feines Mehl und verpuppen sich darin; in Eichenpfosten, Weinbergpfählen, Faßdauben, Parkettböden. Auch in Amerika, wohin der Käfer mit Holz eingeschleppt wurde, ist er schädlich geworden.

Pechbrauner Holzbohrer, Lyctus unipunctatus Hbst. (Abb. 92.) Der 3—5 mm lange Käfer findet sich unter abgestorbener Eichenrinde und auch an anderen Laubhölzern im Walde an schadhaften Stellen. Flugzeit: Mai, Juni. Die Larve wird vorzugsweise im entrindeten Eichenholz und zwar vorwiegend im Splintholz schädlich, dringt

Abb. 89c. Berindeter Kiefernast als Bilderrahmen benutzt und von Anobien zerstört. Nat. Gr.

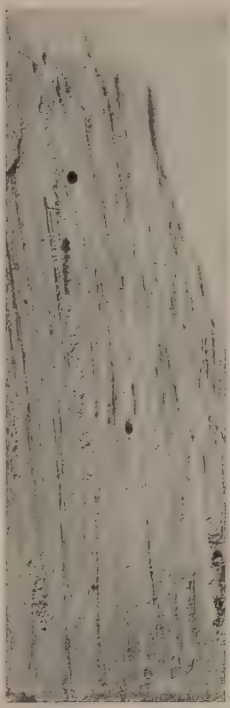


Abb 89d. Kiefernholz auf dem Lagerplatz von Anobien befallen; man beachte, außer den dunklen freien Gängen, die mit Bohrmehl dicht gefüllten, das ganze Holz durchziehenden Gänge. Nat. Gr.

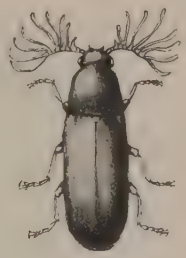


Abb. 90. Gekämmter Pochkäfer. $^1/_{10}$ nat. Gr.

Abb. 91. Rotflügeliger Holzbohrer. $^4/_1$ nat. Gr.

Abb. 92. Pechbrauner Holzbohrer. $^4/_1$ nat. Gr.

aber auch 3—4 cm weit in das feste Kernholz. Sie trat in Holzmagazinen, in Artilleriewerkstätten, wo wertvolle Nutzhölzer aufgespeichert werden, schädlich auf und beteiligte sich mit dem vorigen bei der Zerstörung eichener Faßdauben. In Tharandt wurde dieser Käfer dem Eichenholzvorrat eines Tischlers geradezu verderblich. — Der Käfer ist

auch in Nordamerika bekannt, wo er wie eine ihm nahverwandte Art, Lyctus opaculus Lec. in Hausgeräten und Holzverzierungen schädlich wird.

5. Düsterkäfer: Schwarzkäfer. Mordella (Serropalpus) barbatus Schaller. Dieser langgestreckte, schmal walzenförmige braune 13–16 mm lange Käfer entwickelt sich in der Tanne und erscheint im ganzen Sommer. Das Weibchen legt seine Eier an kränkelnde Stämme, ebenso auch an gefälltes nicht entrindetes Holz. Die Larve erinnert an Mehlwürmer und ist 15–25 mm lang, 4–6 mm breit, vorn und hinten etwas verjüngt zugespitzt, fein nadelrissig, unbehaart, nur am Kopf und den drei letzten Segmenten mit einzelnen Haaren; drei Beinpaare. Der Fraß unterscheidet sich durch nichts von dem der Sirex-Larven. Die mit dem feinen Mehl dicht gefüllten scharf geschnittenen Gänge sind zylindrisch, verlaufen in verschiedenen Krümmungen von der Peripherie des Stammes in das Innere des Holzes, wenden sich dann wieder gegen die Oberfläche und endigen nahe derselben in dem Puppenlager. Der fertige Käfer nagt die äußere noch stehende Holzschicht durch und entschlüpft durch ein kreisrundes Flugloch. Wahrscheinlich braucht der Käfer zwei Jahre zur Entwicklung. Die Larve findet sich auch in denselben Stämmen wie jene der Holzwespe, niemals geht sie in Äste, stets in den Stamm.

Abb. 93a. Nacerdes melanura. 2/1 nat. Gr.

Abb. 93b. Nacerdes melanura. Larve. 2/1 nat. Gr.

Nacerdes melanura L. (Abb. 93a und b). Der Käfer ist rotgelb, die Spitze der Flügeldecken schwarz. Länge 9–13 mm. Die Larve ist gelblich-weiß, die Brustsegmente sind etwas breiter als die Hinterleibsglieder, deren letztes bauchwärts umgeschlagen ist. Das dritte und vierte Bauchsegment trägt unterseits stummelbeinartige Fortsätze, die mit federförmigen Chitingebilden besetzt sind und der Fortbewegung dienen. Behaarung schwach, die Haare stehen auf jedem Segment in einer Linie quer über den Rücken. Länge 25–30 mm. Kopfbreite 3–4 mm. Die Larve lebt in faulem Eichenholz, sowie in altem Tannenholz, das periodisch vom Meerwasser befeuchtet wird. Sie trat schädlich auf im Pfahlwerk der Küste auf der Insel Schouwen, in einem 40 cm langen Pfahl wurden 90 Larven gefunden. Sie bewohnt die Pfähle etwas über der Mittel-Hochwasserlinie. Ist der Pfahl schon lange von Larven besetzt, dann dringen sie auch tiefer ein. Von außen zeigen die befressenen Hölzer nichts Auffallendes, höchstens einige kleine Löcher und verrottete Stellen.

6. Rüsselkäfer: Die den Pflanzen physiologisch so sehr schädlichen Rüsselkäfer spielen in technischer Hinsicht eine untergeordnete

Rolle, da nur wenige Vertreter dieser artenreichen Käfergruppe sich unangenehm bemerkbar gemacht haben.

Die Nadelholzrüsselkäfer, Pissodes, deren Larven unter der Rinde von Kiefern, Fichten, Tannen sich entwickeln, verpuppen sich in oberflächlich im Holz gelegenen ovalen etwa 1 cm langen Nischen, die mit einem festen Spanpolster überdeckt sind; zuweilen

Abb. 94. Rindenrüßler. Cossonus parallelepipedus Hbst. Nat. Gr.

Abb. 95a. Grubenholzkäfer. Rhyncolus culinaris Germ. 3/1 nat. Gr.

Abb. 95b. Larve des Grubenholzkäfers. 3/1 nat. Gr.

Abb. 95c. Grubenholz vom Grubenholzkäfer zerstört. Nat. Gr.

geht auch die Larve in die oberen Holzschichten und verläßt die Puppenwiege mit einem 2—3 mm weiten Flugloch. Ihre Anwesenheit ist für die Verwertung des Holzes, trotz dieser Fluglöcher, bedeutungslos, weil die Puppenwiege ganz oberflächlich liegt.

Mesites aquitanus Fairm. (pallidipennis Perris) brütet am Strande von Arcachon in alten Stöcken der Seestrandkiefer, die zeitweise vom Seewasser bedeckt werden. (Vgl. Nacerdes, S. 160.)

Rindenrüßler, Cossonus parallelepipedus Hbst. (Abb. 94). Dieser glänzende pechschwarze oder braune etwa 8 mm lange Käfer lebt im Mulm anbrüchiger Bäume (Ulme, Pappeln). Doch wurde er auch im Holze einer 9 Jahre in der Tiefe von etwa 2 m gelegenen Wasserleitungsröhre gefunden, deren von den Gängen durchsetztes Holz den Druck des Wassers nicht mehr aushielt.

Die Larven sind weiß, bauchwärts eingekrümmt, fußlos, der Kopf ist gerundet.

Phloeophagus (Codiosoma) spadix Hbst. Käfer glänzend pechschwarz, $3^1/_2$ mm lang.

Caulotrupis (Phloeophagus) aeneopiceus Boh. Derselbe entwickelt sich in Eichenholz; er wurde im Weinkeller in den am Boden liegenden Eichenholzstücken und in Faßdauben gefunden.

Grubenholzkäfer, Rhyncolus culinaris Germ. (Abb. 95 a, b, c). Der 3—4 mm lange pechbraune Rüsselkäfer wurde im Steinkohlenbergwerk Hänichen bei Dresden in 370 m unter Tag gefunden, wo die Larven die aus Nadelholz (Fichte) bestehende Zimmerung zerstörten. Der Käfer hatte sich bald auf eine Streckenlänge von fast 700 m verbreitet. Die borkefrei angelieferten Hölzer werden gesund eingebracht und in der Tiefe von den Käfern befallen. Die Larve ist beinlos, schwach gekrümmt, gleichmäßig dick mit deutlich abgesetztem Kopf. Ihre Länge beträgt 5 bis 6 mm (Abb. 95 b). Man erkennt ihre Anwesenheit an dem unter der Zimmerung liegenden feinen Bohrmehl. Der Angriff geschieht von der Sohle aus. Die Zerstörung erfolgt in den äußeren Holzschichten, wobei jedoch die äußerste Splintschicht als ein papierdünnes Blatt erhalten bleibt, welches durch den geringsten Druck zerstört werden kann. Die in der darunter liegenden Schicht sich findenden unzähligen Gänge laufen im allgemeinen in der Längsrichtung des Stammes, und zwar zunächst in dem weicheren Frühjahrsholz der Jahresringe, während das festere Herbstholz dünne Scheidewände bildet. (Abb. 95 c.) Diese werden aber auch vielfach durchbrochen, so daß die Gänge sich oftmals gabeln und miteinander in Verbindung treten. Gegen das Kernholz zu werden die Gänge mehr vereinzelt. In einem Stück von 50 ccm Inhalt fand man 120 Käfer.

Abb. 96 a. Erlenverborgenrüßler, Cryptorhynchus lapathi L.

Rhyncolus porcatus Germ. Der Käfer brütet in abgestorbenen Kiefernstöcken und in Bauholz. Die Larvengänge werden nur in Splintholz angelegt, das ganz durchwühlt wird. In das Kernholz geht der Käfer nicht.

Rhyncolus strangulatus Perris ist gleich Rh. porcatus für Bauholz gefährlich.

Rhyncolus truncorum Germ. Käfer und Larve leben in faulem Tannenholz, häufig im Erdgeschoß kellerloser Wohnungen in Balken

und Dielen. Sie zerstören das Innere des Holzes vollständig, ohne die oberflächlichen Schichten zu verletzen. Man trifft ihn vom Frühling bis zum Herbst in allen Entwicklungsstadien.

Erlenverborgenrüßler, Cryptorhynchus lapathi L. (Abb. 96a). Der pechbraune, 7—9 mm lange Käfer ist im hinteren Drittel

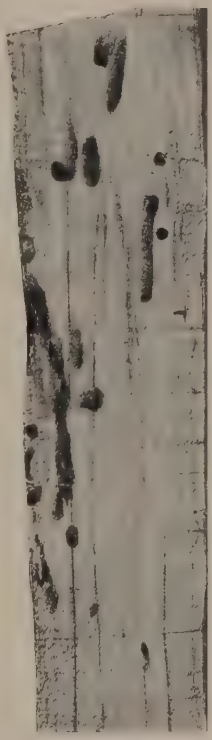


Abb. 96b. Weide vom Erlenverborgenrüßler befallen. Längsschnitt.
1/2 nat. Gr.

Abb. 96c. Weide vom Erlenverborgenrüßler befallen. Rindenseite.
1/2 nat. Gr.

der Flügeldecken, an den Schenkeln und in den Seiten der Brust dicht weiß oder rötlich weiß beschuppt.

Die Larve, weiß mit braunem Kopf, entwickelt sich in Erlen und Weiden. Sie plätzt an schwachen Erlen unter der Rinde und geht dann im Holze aufwärts; in fingerstarken Weiden frißt sie ohne unter der Rinde zu plätzen einen Gang, an stärkeren bis armdicken Weiden plätzt

Abb. 96 d. Erlen von Larven des Erlenverborgenrüßlers in Längsgängen durchnagt. Nat. Gr.

sie jedenfalls nicht, geht vielmehr in einem N-förmig verlaufenden Gang in das Holz (Abb. 96 b, c, d).

Die besetzten schwächeren Weiden sind als Korbstöcke unbrauchbar, das Holz älterer Weiden ist zu nichts zu brauchen. Nagespäne, welche durch die Rinde ausgestoßen werden, verraten die Anwesenheit des Schädlings. Die unterplätzte Rinde der Erlen vertrocknet, sinkt ein oder geht verloren. Die Überwallungsränder der Wunde sind stark aufgetrieben.

7. Borkenkäfer: Die Borkenkäfer sind grimme Feinde der Laub- und Nadelhölzer. Manche Arten befallen jüngere, manche ältere Stämme, manche benagen auch ganz junge Pflanzen, die einen gehen an ganz gesunde Pflanzen, die anderen an kränkelndes Holz. Ihre Tätigkeit ist für den Forstmann von großer Bedeutung. Sie werden eingeteilt in Rindenbrüter und Holzbrüter. Zu ersteren gehört der in Fichtenbeständen weitverbreitete Buchdrucker (Ips typographus). Von den zahlreichen Arten der Rindenbrüter müssen zwei wenigstens erwähnt werden:

Der kleine Kiefernmarkkäfer, Myelophilus minor, Htg. (Abb. 97). Die vom Weibchen unter der dünnen Spiegelrinde der Kiefer gefertigten doppelarmigen Wagegänge greifen oberflächlich nur wenig in das Holz ein; die Larven aber wenden sich, wenn ihre an der Oberfläche des Holzes senkrecht verlaufenden Gänge die Länge von etwa 2 cm erreicht haben, in das Holz, in dem sich die Gänge noch etwa $1-1^1/_2$ cm fortsetzen.

Ulmensplintkäfer, Eccoptogaster laevis Chap. (Abb. 97 a, b.) Dieser besonders in Südost-

europa (Böhmen, Bosnien) heimische Käfer geht zur Verpuppung tief in das Holz der Ulme. —

Die Holzbrüter fertigen tief in das Holz der Laub- und Nadelbäume eindringende Gänge. Ihre Larven sind einander sehr ähnlich, weich, fußlos, bauchwärts etwas eingekrümmt, vorn und hinten fast gleich stark: sie besitzen einen gelblichen, deutlich abgesetzten, etwas

Abb. 97. Kleiner Kiefernmarkkäfer. Myelophylus minor Htg.

Abb. 97a. Ulmensplintkäfer. Eccoptogaster laevis Chap. 10/1 nat. Gr.

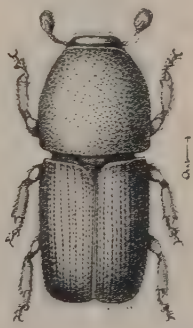


Abb. 97b. Ulmensplintkäfer. 10/1 nat. Gr.

stärker chitinisierten Kopf, haben aber keine Beine und sind weiß von Farbe. Erwachsen erreichen sie eine je nach den Arten wechselnde Länge von 3—5 mm (Abb. 98).

Liniierter Nadelholzbohrkäfer (Tomicus (Xyloterus) lineatus Oliv.) (Abb. 99a.) Die Flügeldecken des 3 mm langen walzenförmigen Käfers sind schwarz und gelb längsgestreift. Der Käfer befliegt im Frühjahr das im Winter gefällte Nadelholz: Kiefer, Fichte, Tanne und nagt sich radial durch die Rinde in das Holz ein. (Abb. 99 b.) Das dabei ausgestoßene feine Bohrmehl besteht, abgesehen von den zuerst gelieferten Rindenstückchen, aus Holzteilchen und ist deshalb rein weiß. Im Gegensatz dazu bestehen die von Myelophilus piniperda, dem unter der Rinde der Kiefer brütenden Waldgärtner, oder die vom Buchdrucker unter Fichtenrinde aus seinen Gängen etwa gleichzeitig an demselben Stamm ausgestoßenen Bohrmehlhäufchen vorwiegend aus Rindenteilchen, weil diese Käfer ihre Gänge in der Rinde anlegen und das Holz nur ganz oberflächlich angreifen. Die Farbe der Bohrmehlhäufchen ist ein sicheres Unterscheidungsmerkmal der Arten, von welchen die einen (braunes Bohrmehl) bedeutungslos sind, die andere aber (weißes Bohrmehl) sehr schädlich ist. Im Innern des Holzes geht der Käfer entweder radial in das Holz, oder er wendet sich, einem oder dem anderen Jahresring folgend, zur Seite; ersteres ist häufig — nicht immer — der Fall im Kiefernholz, letzteres bei der Tanne die Regel.

Abb. 98. Larve eines im Holze brütenden Borkenkäfers.

Abb. 99a. Nadelholzbohrkäfer.

In einigem Abstand vom Einbohrloch hat der Käfer oben und unten kleine Eiergruben genagt und je mit einem Ei belegt. Die Larven nagen kurze bis 1 cm lange Larvengänge nach oben und unten (Abb. 99c), so daß das Fraßbild die Form einer einbaumigen Leiter zeigt (Leitergänge). Die Larven nähren sich von dem wenigen abgenagten Holze, von dem hier austretenden Harz und Ambrosiapilzen (vgl. Xyleborus monographus). Die Larvengänge sind gegen den Muttergang zugestopft und im Innern weiß. Der Muttergang schwärzt sich bald; die schwarze Farbe der Gänge überträgt sich auch auf die Umgebung der letzteren und später auf die von den jungen Käfern verlassene Wohnstätte. Das Holz wird daher nicht nur durch die Gänge, sondern auch durch die Schwarzfärbung entwertet. Man erkennt die Anwesenheit des Schädlings und seiner Larven im Inneren des Holzes an den Bohrlöchern. Gegenmaßregel: Abfuhr des Holzes vor der Schwärmzeit des Käfers, die in den März, April bis Mai fällt. Vom Forstmann zum Zweck des Käferfanges gefällte und als Fangbäume benutzte Stämme, ebenso einzeln — weil kränkelnd — gefällte Nadelhölzer soll man nur dann kaufen, wenn man sich von der Abwesenheit der Bohrlöcher überzeugt hat. Die Einbohrlöcher haben einen Durchmesser von 1—1,5 mm.

Unter besonderen Umständen und ausnahmsweise befällt der Käfer auch das Holz auf Lagerplätzen, wie folgender Fall zeigt:

Abb. 99b. Weißtannenholz vom Nadelholzbohrkäfer befallen. Nat. Gr.

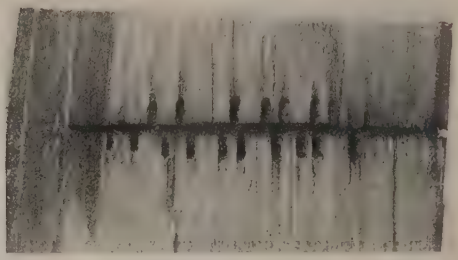


Abb. 99c. Leitergang des Nadelholzbohrkäfers in Kiefernholz. Nat. Gr.

Auf der hydrostatischen Imprägnieranstalt für Telegraphenstangen in Gießen traten im Juni 1902 plötzlich, nach schwerem Gewittersturm, unzählige Mengen dieses Käfers auf, überfielen die dort aufgestapelten, mit Kupfervitriol von 12,8 kg pro Kubikmeter getränkten Stangen, bohrten zahllose Gänge durch Rinde und Splint, ziemlich bis an den Kern. Merkwürdigerweise verschmähten sie rohes Holz und das noch in der Zubereitung befindliche; während von den trockenen, fertigen Stangen selbst die vorjährigen angenommen wurden. Diese Käferart arbeitete mit einer erstaunlichen Schnelligkeit. An einigen Probestangen wurden z. B. gleich am ersten Tage ca. 800 Löcher (auf 1,5 m Länge im Umfang) und am folgenden Tage schon ca. 2400 gezählt.

Abb. 100. Buche vom Buchennutzholzbohrkäfer befallen. Nat. Gr.

Buchennutzholzbohrkäfer, Tomicus (Xyloterus) domesticus L. dem vorhergehenden sehr ähnlich. Flügeldecken strohgelb, an den Rändern dunkel. Länge 3 mm. Dieser Käfer gleicht in Lebensweise, Entwicklung und Einwirkung auf das Holz der vorhergehenden Art. Er ist jedoch Laubholzbewohner und befliegt zur Eiablage die Buche, ferner Eiche, Ahorn, Birke, Erle. In der Eiche verlaufen die Gänge meistens in der Splintzone, in Birke und Buche gehen sie tief in das Innere des Holzes. Im Gegensatz zu T. lineatus gehen die Gänge häufig schief durch die Jahresringe. Das Einbohrloch hat einen Durchmesser von 2 mm, die Gänge sind 2,2 mm weit. (Abb. 100.)

Liniierter Laubholzbohrer, Tomicus (Xyloterus) signatus F. (= quercus Eichh.). In Gestalt und Färbung dem Xyloterus lineatus sehr ähnlich; ebenso hinsichtlich der Lebensweise. Er zieht die Eiche als Brutbaum vor, entwickelt sich aber auch in Buche, Birke, Erle, Linde und Ahorn (Abb. 101).

Xyleborus saxeseni Rtzb., der kleinste der im Holze brütenden Borkenkäfer, 1,5—2 mm lang, pechschwarz oder braun. Die vom

Weibchen genagte Eingangsröhre geht entweder einfach radial in das Holz oder es zweigen sich den Jahresringen folgende Arme ab. In diesen legt das Weibchen ihre Eier nicht in Eiergruben, sondern im Gange selbst als Häufchen ab. Die Larven fressen gemeinsam nach oben und nach unten und nähren sich von dem Holz und dem den Platz und den Gang schwarz färbenden Ambrosiapilz. (Vgl. Xyleborus monographus.) Es entsteht also ein platzweiser Familienfraß. Befallen werden Laub-

Abb. 101. Lindenholz vom liniierten Laubholzbohrer besetzt. Nat. Gr.

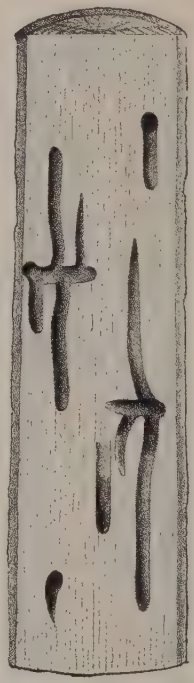


Abb. 101a. Anisandrus dispar. Mutter- und Larvengänge. Nat. Gr.

und Nadelhölzer: Eiche, Buche, Birke, Erle, Ahorn, Linde, Pappel, Vogelbeere, Obstbaum, Roßkastanie, Kiefer, Fichte, Lärche; kränkelnde Stämme werden beflogen, ebenso geschlagenes Holz. Die Gänge haben einen Durchmesser von wenig über 1 mm.

Anisandrus dispar F. (Abb. 101a). Das kugelig-eiförmige Männchen von 2 mm Länge entbehrt der Unterflügel und ist deshalb flugunfähig. Das walzige Weibchen bis 3,5 mm lang ist geflügelt. Ersteres

ist viel seltener als das Weibchen. Befallen werden Eiche, Buche, Obstbäume, junge und ältere Bäume: erstere werden zum Absterben gebracht, da der Muttergang, meist ringförmig verlaufend, die Saftzirkulation stört. Von dem Muttergang gehen nach oben und unten die Brutarme aus, die sich wie bei anderen holzbrütenden Borkenkäfern bald schwärzen.

Xyleborus monographus F. (Abb. 102 a u. b) und Xyleborus dryographus Rtzb. (Abb. 103.) Beide sind walzenförmig. X. monographus ist rotbraun, glänzend, 2—3,2 mm lang, X. dryographus rötlich-

♂

Abb. 102a. Xyleborus monographus.

♀

Abb. 102b. Xyleborus monographus.

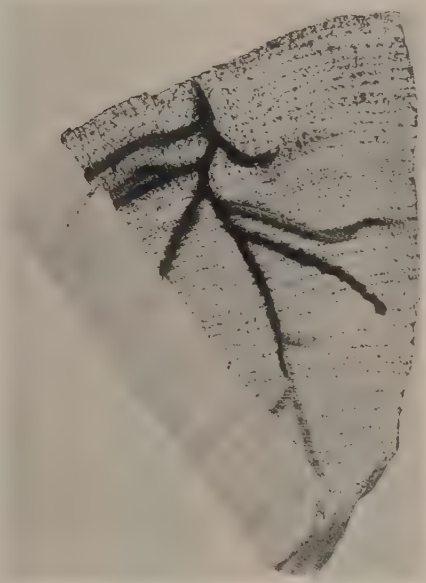


Abb. 102c. Eichenholz mit Gängen von Xyleborus monographus. Nat. Gr.

braun, dünn grau behaart, 2 –2,5 mm lang. Diese beiden Arten sind biologisch dadurch charakterisiert, daß sie tief in das Holz der Eiche eindringende Muttergänge fressen, in deren Arme sie ihre Eier ablegen (Abb. 102 c). Die aus diesen entstehenden Larven nagen keine Larvengänge, sondern leben in dem vom Mutterkäfer genagten Gang und ernähren sich von den hier wuchernden Ambrosiapilzen. Die Gonidien derselben werden von den Käfern in die neuen Brutgänge übertragen, wo sie durch üppiges Wachstum ausgezeichnete Pilze erzeugen, die von den Larven abgeweidet werden. Die Käfergänge färben sich schwarz, weshalb der Schädling den Holzhändlern als „kleiner schwarzer Wurm" bekannt ist. Die Gänge beider Arten sind einander sehr ähnlich. Ihre

lichte Weite ist 1.5—2 mm. Monographus hat bogige Eingangsröhren von 1—2 auch 8 cm Länge und geschwungene Brutröhren. Dryographus fertigt gerade lange, über 10 cm Länge erreichende Eingangsröhren und gerade die Jahresringe schräg durchziehende Brutröhren; er dringt tiefer in das Holz ein als monographus. Rechtzeitige Abfuhr aus dem Walde vor Anfang März! Entrinden und Teeren oder Imprägnieren wertvoller Stämme auf Lagerplätzen sind die anwendbaren Vorbeugungsmaßregeln.

Xyleborus eurygraphus Rtzb. Er ist glänzend pechschwarz, bis 4 mm lang und soll ähnliche Gänge in Schwarzkiefer fertigen wie X. dryographus in Eiche. Südeuropa, Österreich.

Eichenkernkäfer, Platypus cylindrus F. (Abb. 104 a). Der Käfer ist sehr lang, walzenförmig gestreckt, pechbraun, mit rötlichen Beinen, Flügeldecken längsgerieft, Länge 5 mm. Die Gänge mit 1,5 mm lichter Weite verlaufen von der Rinde radial nach der Mitte des Stammes; im Kernholz gehen von ihnen Seitenäste ab, welche den

Abb. 103. Xyleborus dryographus.

Abb. 104 a. Eichenkernkäfer. Platypus cylindrus F. 2/1 nat. Gr.

Abb. 104 b. Eichenholz vom Eichenkernkäfer befallen. Nat. Gr.

Jahresringen folgen: von diesen ziehen radiale Gänge aus, die bis über 15 cm lang sein können und wieder Seitenäste abzweigen. Auf den geschnittenen Brettern treten die Gänge als kreisrunde Löcher auf. (Abb. 104 b.) Das Nagsel, welches das Weibchen fertigt, und das vom Männchen aus den Gängen hinausgeschafft wird, ist langfaserig. Die Mutterkäfer fressen Holz, die Larven nur den in die Gänge eintretenden Baumsaft. Kurz vor der Verpuppung nagen die Larven „Leitergänge", wie sie der gestreifte Nadelholzbohrkäfer und dessen Verwandte fertigen.

Der technisch sehr schädliche Käfer befällt Eichen, Edelkastanie, Buche, zumal im Elsaß. Das Holz muß vor der Flugzeit, Juni, abgefahren werden.

8. Bockkäfer: Die Bockkäfer sind langgestreckte, mittelgroße bis sehr große Käfer mit langen, oft den Körper an Länge übertreffenden Fühlern. Die weißlichen Larven besitzen einen gelben breiten Kopf mit kräftigen Mundteilen, der gewöhnlich in das erste Glied der Brust eingezogen ist, so daß nur sein vorderes Drittel hervorragt. (Abb. 105.) Die Brustbeine sind verkümmert oder fehlen. Die mittleren Körpersegmente tragen am Rücken und am Bauche je einen scheibenförmigen platten oder warzenartigen Höcker, mit welchem sich die Larve beim Kriechen oben und unten gegen die Wände ihres breiten flachen Ganges anstemmt. Die Eier werden an gesunde oder kränkelnde, absterbende oder tote Stämme oder an ganz trockenes Holz abgelegt, in welchem sich die Larven in mindestens zweijähriger, aber oft viel länger dauern-

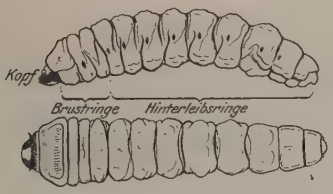


Abb. 105. Bockkäfer-Larve von der Seite und von oben gesehen.

Abb. 106. Grubenhalsbock. Crocephalus rusticus L. Nat. Gr.

der Zeit entwickeln. Die Larvengänge verlaufen im Holz oder unter der Rinde, in letzterem Falle wenden sich die Larven in einem Hakengang zur Verpuppung in das Holz.

Mulmbock, Ergates faber L. Der 30 (Männchen) bis 50 mm (Weibchen) lange braune Käfer ist ein Bewohner der Nadelholzwälder, wo sich seine Larve im Mulm alter Kiefern und Fichtenstöcke entwickelt. Technisch schädlich ist dieselbe in Schlesien (Primkenau) geworden, wo Lichtmaste und Zaunpfähle, erstere trotz Anstrich mit Karbolineum, dicht über dem Erdboden bis zur Höhe von $^1/_2$ m stark besetzt waren. Die Larven haben die äußerste Holzschicht verschont, der 12 bis 15 cm starke Splint war vollständig durchwühlt, das nährstoffarme Kernholz dagegen unberührt.

Kurzdeckenbock, Caenoptera (Molorchus) minor L. Ein zierlicher brauner Bockkäfer, dadurch ausgezeichnet, daß seine Oberflügel sehr kurz sind, weshalb die Unterflügel in der Ruhe nicht, wie bei anderen Käfern, gefaltet und unter ersteren verborgen werden können. Körperlänge 6—13 mm. Die scharf eingeschnittenen, querverlaufend verschlungenen, von weißem stellenweise bräunlichem Bohrmehl gefüllten Larven-

gänge werden an den mit Rinde verarbeiteten Fichtenstangen häufig getroffen. Zur Verpuppung geht die Larve mit ovalem Loch in das Holz und fertigt hier einen Hakengang.

Abb. 107a. Düsterbock. Asemum striatum L. Nat. Gr.

Gracilia minuta F. (Cerambyx pygmaeum Fabr.). Diese mattbraune schmale 4—6 mm lange Bockkäferart entwickelt sich als kurzbeinige Larve von 6—7 mm Länge in Weidenruten und den aus diesen gefertigten Weidenkörben, auch in Birke und anderen Holzarten, und wird dadurch schädlich.

Leptidea brevipennis Muls. Dieser Bockkäfer hat in Südfrankreich Vorräte von Weidenruten zerstört.

Grubenhalsbock, Criocephalus rusticus L. (Abb. 106.) Der hell- oder dunkelbraune 13—25 mm lange Bockkäfer schwärmt im Juli und August in Kiefernwäldern: er legt seine Eier an Kiefernstubben und totes Kiefernholz (Bauholz). Die Larven durchfressen es nach allen Richtungen in breiten, flachen, im

Abb. 107b. Kiefernstamm von den Larven des Düsterbocks zerstört. Nat. Gr.

Querschnitt ovalen (9 / 6 mm) Gängen. Diese sind dadurch charakterisiert, daß sie mit äußerst fest gedrücktem Bohrmehl fest verstopft sind.

Düsterbock, Asemum striatum L. Pechschwarz mit bräunlichen Flügeldecken, Länge 10—18 mm. Ich fand den Käfer zusammen mit Cryocephalus rusticus in Brettern einer Dachschalung. Die Gänge, das

Bohrmehl, welches diese erfüllt, gleichen jenen von Cryocephalus rusticus, nur sind sie kleiner, oval mit Durchmessern von 3—7 mm. (Abb. 107a u. b.)

Veränderlicher Scheibenbock, Callidium variabile L. (Abb. 108.) Der in seiner Färbung sehr veränderliche Käfer ist rotgelb, z. T. pechschwarz, auf den Flügeldecken blau oder ganz, bisweilen nur teilweise rotgelb, Halsschild oft dunkel. Länge 8—14 mm. Die Larve hat kurze Beinchen an den drei ersten Segmenten. Sie wird 10—13 mm lang.

Roter Scheibenbock, Callidium sanguineum L. Schwarz mit roten Flügeldecken und häufig roter Hinterleibspitze, 9—11 mm lang. Die Larve gleicht jener der vorigen Art.

Diese einander ähnlichen Käfer gleichen sich auch hinsichtlich der Lebensweise ihrer Larven. Diese leben unter der Rinde trockenen Laubholzes, zumal in den Vorräten des Drechslers und Stellmachers, oft in ungeheurer Zahl. Buche, Hainbuche, Eiche, Esche, Ulme, Obstbäume, Edel- und Roßkastanie werden befallen, und zwar die berindeten Stammteile. Unter der Rinde nagen die Larven flache, scharf umrandete, geschlängelte, einander auch kreuzende Gänge und wenden sich dann durch ein schmal ovales Loch mit einem Hakengang in das Holz zur Verpuppung.

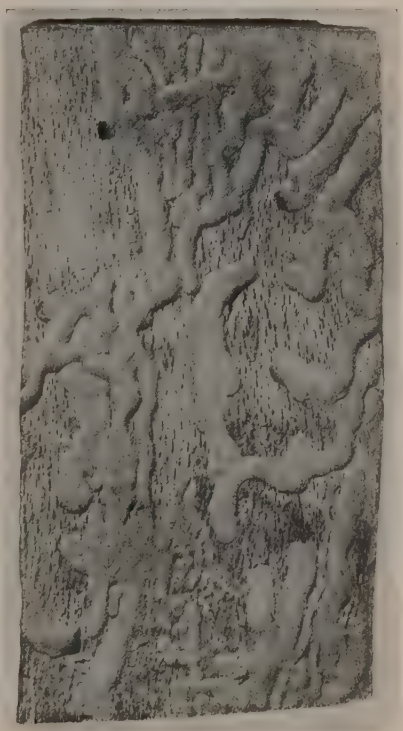


Abb. 108. Fraß von Callidium variabile an trockenem Buchenholz. Die Rinde ist abgehoben. Nat. Gr.

Callidium aeneum Geer. Der Käfer ist oberseits erzfarbig metallisch grün, 11 bis 13 mm lang. Die Larve frißt am Fichtenholz breite, oft platzweise bis zur Handtellergröße erweiterte Gänge und geht zur Verpuppung tief in das Holz. (Abb. 109a u. b.)

Phymatodes (Callidium) lividus Ros. Der 7—10 mm lange Bockkäfer besitzt ein rotgelbes Halsschild, braune Flügeldecken, beide mit violettem Schimmer. Die 9—11 mm lange Larve entwickelt sich in toten und abgeschnittenen Ästen von Laubholz; in Südfrankreich in der

Edelkastanie, die dort zu Reifen für Weinfässer benutzt werden. Die befallenen Reifen platzen.

Blauer Scheibenbock, Callidium violaceum L. Oberseite dunkelblau. Länge 10—15 mm. Die Larve entwickelt sich wie die der vorhergehenden Arten in Laubholz und wie die nachfolgende in

Abb. 109a. Fichtenholz unter der Rinde von Callidium aeneum-Larven benagt. Nat. Gr.

trockenem verbauten Nadelholz. Ich fand den Käfer in Mengen auf dem Holzspeicher eines Stellmachers in Eberswalde.

Hausbock, Callidium (Hylotrupes) bajulum L. (Abb. 110 a.) Der Käfer ist mattschwarz, dicht weiß behaart mit zwei glänzenden Punkten auf dem Brustfeld, Länge 8—20 mm. Flugzeit: Juni. Im Freien findet sich diese Käferlarve selten in alten Nadelholzstöcken. Sehr häufig und weit verbreitet ist sie in Planken, Bretterzäunen, Möbeln und besonders in Dachbalken. (Abb. 110 b u. c.) Äußerlich sieht man an den-

Abb. 110a. Der Hausbock. Callidium bajulum. Nat. Gr.

Abb. 109b. Die im Holze verlaufenden Gänge älterer Larven des Callidium aeneum an einer Fichte. Nat. Gr.

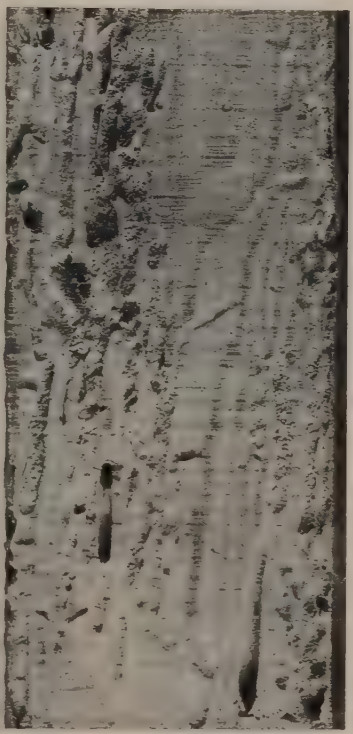


Abb. 110b. Dachbalken eines Hauses von Callidium bajulum-Larven zerstört im Längsschnitt. $^2/_3$ nat. Gr.

selben keine Beschädigung, höchstens treten an einzelnen Stellen weiße Bohrmehlhäufchen auf, die am Boden unter dem Balken liegen; die Larve frißt anfangs dicht unter der obersten Holzschicht, welche als papierdünne Haut unverletzt bleibt, während alles andere zu einem feinen stäubenden Mehl verwandelt wird; nur einzelne festere Teile der Jahresringe bleiben stehen. Die ältere Larve geht etwas tiefer, bleibt aber immer möglichst nahe der bereits zerstörten äußeren Jahresringe. Vier Jahre lebt sie nach meinen Zuchtversuchen, sehr langsam wachsend, in dem ganz trockenen Holze, bevor sie sich verpuppt; der Käfer kommt durch ein ovales Flugloch hervor. Die Larven zerstören das Gebälk vollständig bis zur Einsturzgefahr. In einem Hause in Marburg war das Dachgebälk innerhalb von 25 Jahren vollständig zerstört; das Balkenwerk der im Jahre 1913 umgebauten alten Forstakademie in Eberswalde war durch diesen Käfer zerstört, das Dachgebälk der 1875 erbauten,

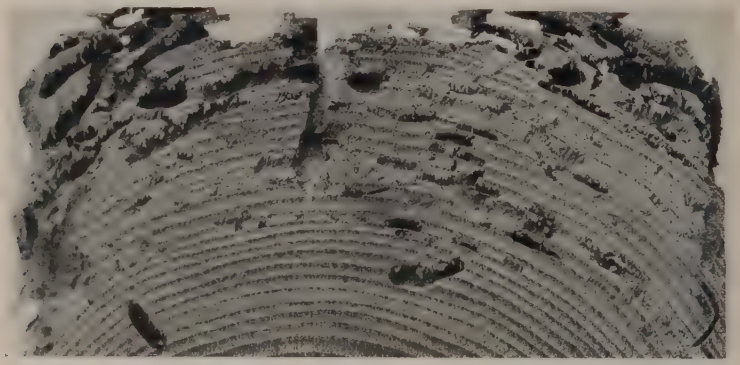


Abb. 110c. Balken eines Hauses von Callidium bajulum von der Oberfläche her zerstört; im Querschnitt. $^2/_3$ nat. Gr.

„neuen" Akademie sehr stark beschädigt. In einem Balken meines Hauses ward der Käfer 10 Jahre nach der Erbauung gefunden. Aus Kiefernrundholz gebaute Forsthäuser in Rußland zerstörte der Käfer im Laufe von 10—15 Jahren. Der aus Holz gebaute Kulissenschuppen der alten Oper in Nancy wurde durch diesen Käfer dem Einsturz nahe gebracht. In Bayern und Baden befiel er die Telegraphenstangen. In Südfrankreich wird er als der schlimmste Holzfeind unter den Insekten angesehen.

Fichtenbock, Cerambyx (Tetropium) luridum L. (Abb. 111a.) Der schwarze, braunflügelige Käfer ist 10—16 mm lang. Flugzeit: Juni bis August. Die mit kleinen Brustfüßen versehene Larve erreicht eine Länge von 15—25 mm. Die Larvengänge an Fichte und Lärche, auch Kiefer (Rußland) sind unregelmäßig verlaufende, scharfrandige, mit braunem Fraßmehl verstopfte Gänge an der Unterseite der Rinde, die das Holz weniger angreifen und, wenn es geschieht, braunes und weißes

Fraßmehl gemischt enthalten. (Abb. 111 b.) Durch ein flach ovales Loch nagt sich die erwachsene Larve radial 2—3 cm tief in das Holz und wendet sich dann nach unten. Der absteigende Ast des Ganges ist 2—4 cm lang. Hier findet die Verpuppung statt. (Abb. 111 c). Der Schädling ist eine typische Bockkäferlarve, weiß, beinlos, flach, mit breitem gelbem Kopf. Das Flugloch des Käfers ist flach oval, 5 × 3 mm groß. Befallen wird kränkelndes stehendes, auch frisch geschlagenes Holz.

Eine dem Fichtenbock nahverwandte Art ist Tetropium fuscum Gyll. Vorkommen und Lebensweise wie bei der vorigen Art.

Abb. 111 a. Fichtenbock. ½ nat. Gr.

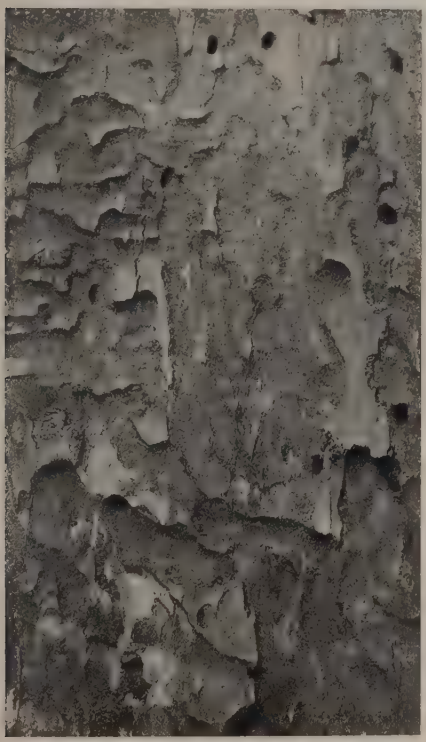


Abb. 111 b. Fraß des Fichtenbocks unter der hier abgehobenen Fichtenrinde. ½ nat. Gr.

Abb. 111 c. Puppenwiege des Fichtenbocks im Holze. Nat. Gr.

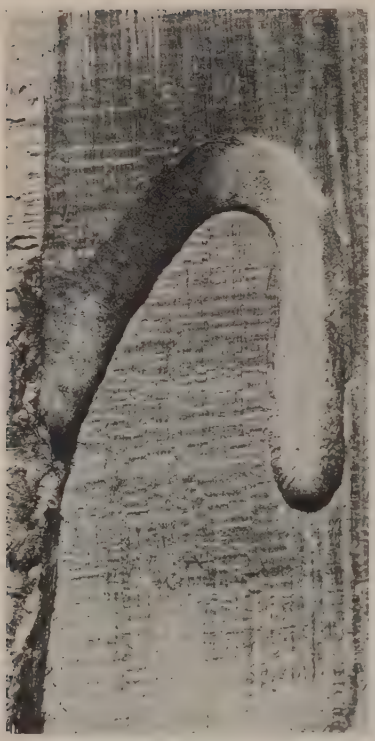


Abb. 112. Puppenwiege des Ahornbocks. Der plätzende Fraß der Larve unter der Rinde ist überwallt und ausgeheilt. Nat. Gr.

Ahornbock, Callidium (Rhopalopus) insubricum Germ. Er sei der Vollständigkeit wegen genannt. Bergahorn wurde von ihm befallen. Die Larve plätzt anfangs unter der Rinde, dann wendet sie sich in großem 11 mm breiten, 10 cm langen Hakengang in das Innere des Holzes, das natürlich völlig entwertet wird. (Abb. 112.) Bei Wittgenstein-Berleburg trat er im Jahre 1869 so stark auf, daß 50 bis 60 besonders dicht besetzte Stämme verkohlt werden mußten.

Vierbindiger Eichenwidderbock, Clytus arcuatus L (Abb. 113 a.) Der 9—18 mm lange, kurzförmige Bockkäfer ist auf schwarzem Grunde quer gelb gebändert. Vom Mai bis Juli an Eichen. Der Käfer wurde von mir aus Eichenabschnitten gezogen, die von einer Fahrzeugfabrik zur Feststellung des Schädlings eingesandt waren. Die Larve frißt anfangs unter der Rinde typische durch keine Besonderheit ausgezeichnete Bockkäferlarvengänge, später durchzieht sie das Holz in unregelmäßigen Gängen (Abb. 113 b); im Walde entwickelt sie sich in anbrüchigen Eichen: ob es sich nur um eingeschleppte Individuen handelte, oder ob der Käfer sich in den Holzlagern fortpflanzt, konnte noch nicht festgestellt werden.

Abb. 113 a. Eichenwidderbock. Nat. Gr.

Clytus rhamni Germ. Der 7—8 mm lange Käfer ist schwarz, die Flügeldecken tragen schmale gelbe Querbinden. Er wurde aus demselben Holze wie Clytus arcuatus L. gezogen. Von ihm gilt dasselbe wie von arcuatus.

Clytus tropicus Panz. Dem vorigen ähnlich gezeichnet, Länge 9—18 mm, im Elsaß in anbrüchigen Eichen, Larvenfraß unter der Rinde. Puppe im Hakengang im Holze.

Der große Eichenbock, Spieß- oder Heldbock, Cerambyx cerdo L. (Abb. 114 a.) Pechbraun, Körper-

länge 28—50 mm; die Fühler überragen den Körper um dessen halbe Länge. Er fliegt abends im Juni und Juli. Die fingerlange Larve lebt in alten Eichen. (Abb. 114b.) Anfangs nagt sie an anbrüchigen Stellen scharfrandige Gänge zwischen Rinde und Holz, die tief in letzteres eingreifen, später geht sie weit in das Holz, welches sie in flachen, im Querschnitt ovalen Gängen durchdringt. Diese sind mit Nagsel gefüllt und werden in ihrer Wan-

Abb. 113b. Larvengänge des Eichenwidderbocks unter Eichenrinde. Nat. Gr.

Abb. 114a. Der große Eichenbock oder Heldbock. Nat. Gr.

dung bald schwarz, weshalb die Larve auch der „große schwarze Wurm" genannt wird. Querschnitt der Larvengänge 15×45 mm. Länge der Puppenwiege (des Hakenganges) 80 mm, Durchmesser 26 mm. (Abb. 114c.) Das Holz ist technisch unbrauchbar.

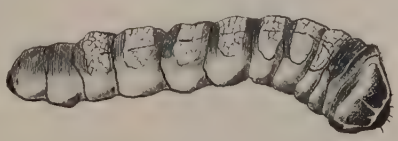


Abb. 114b. Larve des großen Eichenbocks. Nat. Gr.

Cerambyx cerdo var. mirbecki Luc., welche in Südfrankreich, Spanien und Nordafrika heimisch ist, und

Abb. 114 c. Larvengänge des großen Eichenbocks in Eichenholz. 1/2 nat. Gr.

Cerambyx velutinus Br. ebenfalls in den Mittelmeerländern vorkommend, leben in Eichen, durchwühlen deren Holz und bringen den Baum zum Absterben.

Kleiner Spießbock, Cerambyx scopolii Laichart. (Abb. 115.) Tiefschwarz, 18—28 mm, Flugzeit: Mai, Juni. Der Käfer befällt Laubholz, besonders Eichen, und nagt, wie die anderen großen Bockkäfer, Hakengänge in das Holz. Der Haken hat eine Länge von 110 mm und eine lichte Weite von 15 mm.

Moschusbock, Aromia moschata L. Der blau- bis dunkelgrüne metallglänzende, nach Moschus duftende Käfer wird 15 bis 34 mm lang. Larve mit kleinen Füßen, jener des Cerambyx cerdo sehr ähnlich, 30 bis 35 mm lang. Meist nur in anbrüchigen Weiden. Ich fand die Larve in den ihrer Größe entsprechenden typischen Bockkäferlarvengängen in einer etwa 30jährigen gesunden Weide meines Gartens.

Zimmerbock, Lamia (Acanthocinus) aedilis L. Derselbe ist ein häufiger Käfer, der als Larve unter der Rinde absterbender oder gefällter, nicht rechtzeitig abgefahrener Kiefern lebt. Zur Verpuppung wendet sich die Larve in die Rinde oder in das Holz; das Loch, durch welches sie eindringt, ist ganz schmal, fest mit Bohrmehl verstopft und schwer zu sehen. Dicht unter der oberen Holzschicht liegt die Puppenhöhle, aus der das Flugloch des Käfers, das von zwei ungleich gekrümmten Bogenstücken begrenzt wird, ins Freie führt. Die technische Verwertung wird, obgleich der Stamm massenhaft besetzt sein kann, kaum beeinträchtigt.

Schusterbock, Monochamus sutor F. Der schwarze 18—24 mm lange Käfer ist in Galizien schädlich geworden. Die Larven leben an Fichten-Altholz und zerstören das Holz. Mehr ist darüber nicht bekannt.

Schneiderbock, Monochammus sartor F. Dem vorigen ähnlich, aber größer, 26—32 mm lang, lebt wie dieser in Fichten.

Süddeutscher Kiefernbock, Lamia (Monochammus) galloprovincialis

Ol. (Abb. 116.) Käfer schwarz, schwach metallisch schimmernd, Flügeldecken gelblich oder weißlich behaart. Länge 15—25 mm. Die Larven (typische Bockkäferlarven) bis 30 mm lang, fressen anfangs breite Fraßplätze unter der dünnen Spiegelrinde alter Kiefern, wandern dann in einem breit ovalen Gang in das Holz und durchwühlen es in

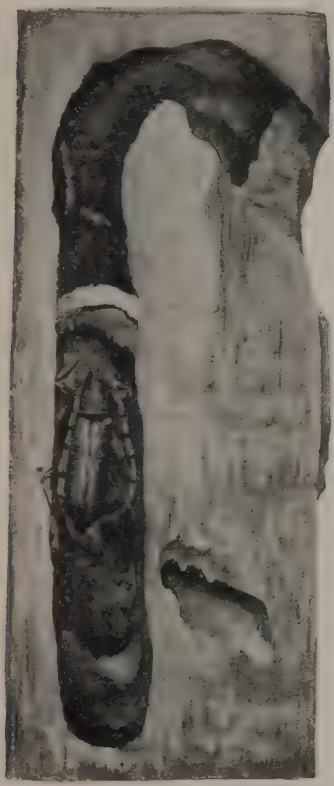


Abb. 115. Kleiner Spießbock in einem aufgeschnittenen Eichenstamm. Nat. Gr.

Abb. 116. Süddeutscher Kiefernbock. Lamia galloprovincialis. Nat. Gr.

Abb. 117 a u. b. Großer Pappelbock nebst Larve. Nat. Gr.

seiner ganzen Breite, wobei sie große Mengen grobfaserigen Nagsels nach außen schaffen. Das Flugloch des Käfers ist kreisrund. In Südfrankreich auch an der Seekiefer. In Deutschland an Kiefern der badischen Rheinebene.

Der große Pappelbock, Saperda carcharias L. (Abb. 117 a.) Der 22—29 mm lange Pappelbock ist ledergelb, dicht schwarz punktiert.

Abb. 117 c. Larvengang des großen Pappelbockes in einer jungen Pappel. Das Stämmchen ist der Länge nach aufgeschnitten, beide Hälften liegen nebeneinander. Rechts bei a hat der Buntspecht den Larvengang geöffnet und die Larve erbeutet. Nat. Gr.

Die Larve, bis 38 mm lang, lebt in 5—20jährigen Pappeln, in starken Weiden und in Aspen. (Abb. 117 b.) Anfangs hält sie sich unter der Rinde auf und fertigt einen Fraßplatz; später dringt sie in das Holz ein

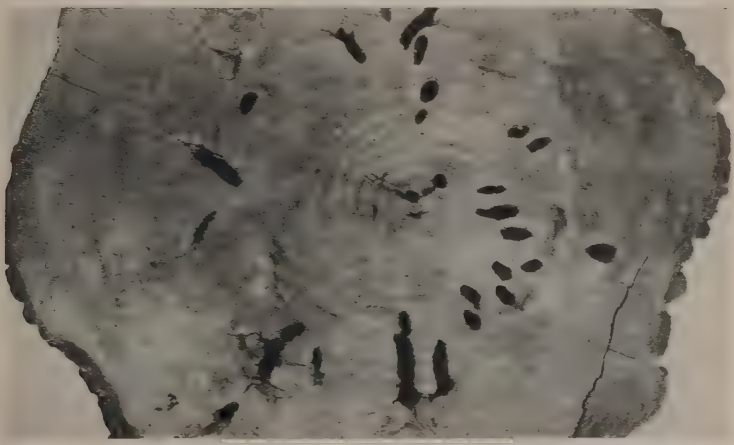


Abb. 117 d. Die Larvengänge des großen Pappelbockes in einer älteren Pappel. $^{3}/_{4}$ nat. Gr.

Abb. 118 a. Weidenbohrer. Nat. Gr.

Abb. 118 b. Raupe des Weidenbohrers. Nat. Gr.

und frißt einen nach oben ziehenden im Querschnitt ovalen Gang. (Abb. 117 c.) Da der Käfer vorwiegend die Eier tief am Stamm in die Rindenritze ablegte, finden sich die Wunden auch in den unteren Stamm

abschnitten und treten im Querschnitt als große ovale Löcher auf. (Abb. 117 d.) An der Stelle, wo sich die aus dem Ei hervorkommende Larve einbohrte, hält sie ein Loch offen, an welchem grobe Nagespäne ausgestoßen werden. Die Gänge selbst sind z. T. frei und offen, z. T. sind sie mit solchen Spänen verstopft.

b) Schmetterlinge. Während zahlreiche Käferarten als Holzzerstörer genannt werden mußten, treten nur drei Schmetterlinge als technische Schädlinge auf, da ihre Raupen im Inneren des Holzes leben.

Abb. 118 c. Erle von Raupen des Weidenbohrers befallen. Rindenseite. Dasselbe Stück wie Abb. 118 d. $^1/_3$ nat. Gr.

Weidenbohrer, Cossus cossus L. (ligniperda F.). (Abb. 118 a.) Der plumpe 95 mm spannende, braune Falter legt im Juni oder Juli seine Eier — mehrere zusammen — an die Rinde, zumal gern an eine Wundstelle von Weide, Pappel, Obstbaum, Traubenkirsche, Walnuß, Ulme, Erle, Eiche, Linde, Esche, Buche, Ahorn. Die Raupen sind rot von Farbe und zeichnen sich durch einen deutlichen Geruch nach Holzessig aus. (Abb. 118 b.) Sie leben anfangs gemeinschaftlich, dann macht sich jede einen besonderen bis 15 mm breiten Fraßgang, der unregelmäßig in das Holz eindringt. (Abb. 118 c u. d.) Später wendet sie sich nach außen, verpuppt sich nahe der Oberfläche des Stammes, und aus der sich zur Hälfte vorschiebenden und dann platzenden Puppe entschlüpft der Falter. Die Rinde über der gemeinsamen Fraßstelle trocknet ein, der Stamm sucht die Wunde zu überwallen und die häufig als Baumkrebs bezeichneten Schadstellen sind die Folge.

Blausieb, Zeuzera pyrina (Cossus aesculi) L. (Abb. 119 a.) Der auf bläulich weißem Grund stahlblau betüpfelte Falter legt an junge Stämmchen von zahlreichen Laubhölzern Roßkastanie, Esche, Ahorn, Obstbaum, Eiche, Buche, Birke, Ulme, Eberesche, Weide, an Syringe und Mistel, jedesmal nur ein Ei ab. Die holzfarbene, schwarzfleckige, 50 mm lange Raupe (Abb. 119 b) frißt anfangs einen Fraß-

platz unter der Rinde und entleert ihren holzartigen, walzigen Kot durch ein Loch nach außen, so daß am Boden sich ein Kothaufchen ansammelt. Später wendet sie sich nach der Mitte des Stammes zu und in einem bis 15 cm langen Gang von 0,5 (Männchen) bis 1 cm (Weibchen) Durchmesser stammaufwärts (Abb. 119c). Der Gang ist stets rein. Nachdem sie sich nahe der Ausmündöffnung im Holze verpuppt hat, schlüpft der Falter aus der sich zur Hälfte hervorschiebenden Puppe durch ein kreisrundes Flugloch (Abb. 119c) hervor. Die kleine Wunde überwallt bald, aber im Innern des Stammes bleibt der ursprüngliche Fraßplatz der jungen Raupe als haselnußgroße Schad-

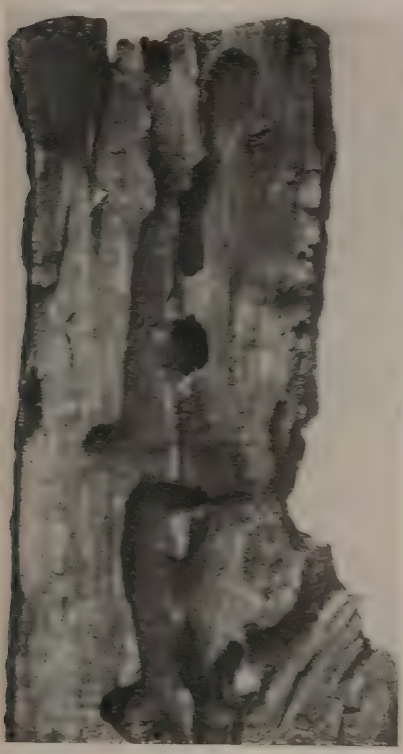


Abb. 118d. Erle von Raupen des Weidenbohrers befallen. Längsschnitt. Dasselbe Stück wie Abb. 118c. ½ nat. Gr.

Abb. 119a. Blausieb. Nat. Gr.

stelle und ebenso die aufsteigende Röhre (Abb. 119d) als Hohlraum bestehen und macht mindestens das betreffende Brett minderwertig. In Nordamerika wird das Blausieb ebenfalls recht schädlich.

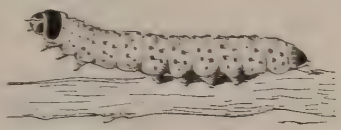


Abb. 119b. Blausieb-Raupe. Nat. Gr.

Hornissen-Glasschwärmer, Sesia (Trochilium) apiformis, Clerck. (Abb. 120a.) Er lebt in Pappeln, ähnlich wie die vorher beschriebenen Arten Cossus und Zeuzera. Der Schwärmer sieht der mit

ihrem Stachel gut bewaffneten Hornisse (vgl. Abb. 120b) sehr ähnlich und ist wohl infolgedessen vor den Angriffen größerer Tiere geschützt.

c) **Hautflügler.** 1. Holzwespen: Die vier hier in Betracht kommenden Arten sind: Die gelbe Fichtenholzwespe, Sirex gigas L. (Abb. 121 a u. b), die schwarze Tannenholzwespe, Sirex spectrum L., Sirex juvencus L. und die gemeine Kiefernholzwespe, Sirex noctilio F. (Abb. 122).

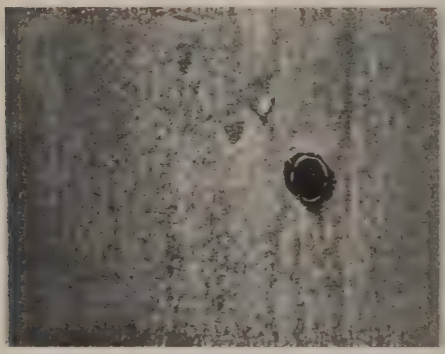


Abb. 119c. Eschenstamm mit Flugloch des Blausiebes. Der weiße Ring stellt die Reste der Puppenhaut dar, die im Flugloch stecken blieb. Nat. Gr.

Von diesen entwickeln sich in der Fichte: gigas, spectrum und juvencus, in der Tanne: gigas, spectrum, in der Kiefer: noctilio, seltener gigas und in der Lärche: selten gigas.

Die Größe der Wespen ist sehr schwankend, die größeren Männchen von S. juvencus sind 15—36, die kleineren Weibchen 12 bis 30 mm lang, gigas-Männchen sind 30—32, Weibchen 24—45 mm groß. In

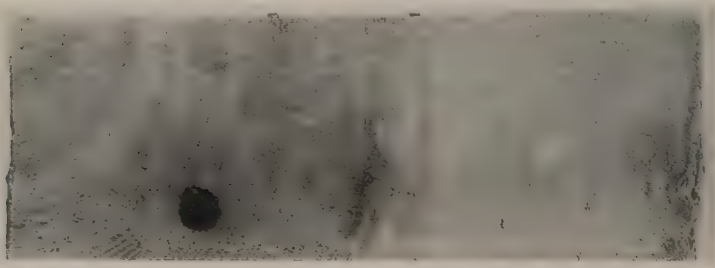


Abb. 119d. Eschennutzstamm. Querschnitt. Vor vielen Jahren war der damals jüngere Stamm von der Blausieb-Raupe besetzt, ähnlich jenem in Abb. 119e. Der Fraßgang liegt jetzt mitten im Holz. $^2/_3$ nat. Gr.

ihrer Lebensweise gleichen sie einander und können deshalb gemeinsam besprochen werden.

Mit ihrer langen Lageröhre versenken die Holzwespen im Juni bis September ihre Eier einzeln tief durch die Rinde in gesundes Holz kränkelnder oder gefällter Stämme. Auch entrindetes, aber noch saftiges Holz wird belegt, dagegen nie bereits anbrüchige Stellen desselben. Die weißen Larven besitzen einen walzenrunden Körper, einen runden Kopf,

Abb. 119e. Fraßgang der Raupe des Blausiebes in einem jungen Laubholzstämmchen. Bei a wurde das Ei abgelegt; die Raupe nagte zuerst den Gang nach unten, dann jenen nach oben. Nat. Gr.

drei Paar Brustbeine und einen spitzen Schwanzstachel. Sie nagen einen zylindrischen, ihrer Körperdicke entsprechenden Larvengang, den sie hinter sich sehr fest mit Bohrmehl verstopfen und wenden sich zunächst nach der Mitte des Stammes, später kehren sie im Bogen nach der Außenschicht zurück und verpuppen sich nahe der Oberfläche. (Abb. 122 b.) Zu dieser ganzen Arbeit brauchen sie zum mindesten zwei Jahre, oft noch viel längere Zeit.

Abb. 120a. Hornissen-Glasschwärmer, Sesia apiformis. Nat. Gr.

Abb. 120b. Hornisse, Vespa crabo Nat. Gr.

Abb. 121a. Gelbe Fichtenholzwespe, Weibchen. Nat. Gr.

Daher kommt es, daß die Larve aus dem Walde auf das Lager, von da auf den Zimmerplatz und in den Neubau verschleppt wird, und daß die hornissenähnlichen Wespen sich aus den Dielen, auch durch Parkettboden oder Linoleum, und durch Teppiche hervorarbeiten und im Zimmer umherschwärmen. Da sich meist nur einzelne Wespen aus ihren sehr fest mit Bohrmehl verstopften Gängen hervorarbeiten, wird die Tragfähigkeit des Holzes nicht wesentlich beeinträchtigt. Da aber das festgepreßte, die Bohrgänge erfüllende Nagsel begieriger als das Holz Wasser aufnimmt, so ist bei jedem Reinmachen und sonst auch die Möglichkeit gegeben, dem Balken Nässe zuzuführen und dadurch die Ansiedelung des Hausschwammes zu begünstigen. Der Larvengang beginnt nicht an der Oberfläche des Rundholzes, sondern 1—2 cm tiefer. Hier ist er so

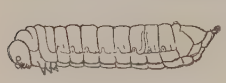


Abb. 121 b. Holzwespen-Larve. Nat. Gr.

Abb. 121 c. Fichtenstamm mit Fluglöchern der gelben Fichtenholzwespe. 1/2 nat. Gr.

Abb. 122a. Gemeine Kiefernholzwespe; links Männchen, mitten Weibchen, rechts Larve. Nat. Gr.

fein, daß er übersehen werden muß, die tief im Balken liegenden Teile des Ganges kann der Zimmermann nicht sehen, weil sie nicht freigelegt sind, und geschieht dies bei der Bearbeitung zufällig, dann hebt sich das den Gang ausfüllende Bohrmehl so wenig von der Umgebung ab, daß die Gänge übersehen werden. (Abb. 122 c.) Wenn man bei dem Schneiden nicht zufällig eine Larve trifft, ist auch nicht zu unterscheiden, ob der Schädling noch im Balken sitzt oder ob er bereits ausgeflogen ist. Die Größe der Fluglöcher schwankt entsprechend der Körpergröße der Wespen stark. Stets sind sie kreisrund. (Abb. 121 c.)

Die Hornisse, Vespa crabro (Abb. 120 b), deren Ähnlichkeit mit Holzwespen und Glasschwärmern (Abb. 120 a u. 121) erwähnt wurde, wird auch zu den Holzschädlingen gerechnet. Sie benagt morsches Holz, um die abgenagten Teile zum Nestbau zu verwenden. Mitunter befällt sie auch junge Bäume und entblößt sie streckenweise von der Rinde.

2. Bienen: Die blaue Holzbiene, Xylocopa violacea. Die grosse 25 mm lange, hummelartig aussehende Biene ist tief schwarz, lebhaft blau schillernd. Das Weibchen bohrt in hartem Holz seine Brutgänge. Dieselben bestehen aus einer senkrechten Röhre mit wag-

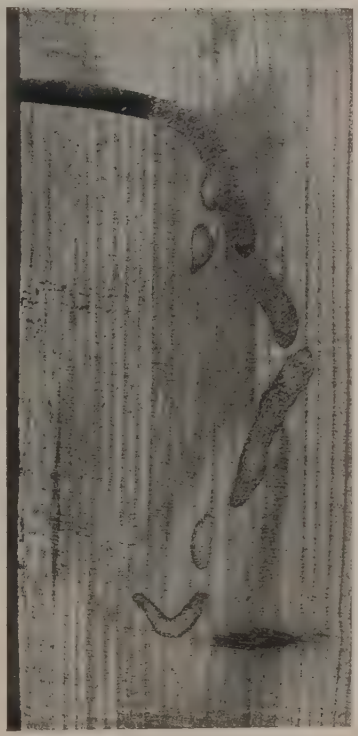


Abb. 122b. Gänge der Holzwespen-Larve in Kiefernholz. Nat. Gr.

rechtem Eingang. In dieser werden, von unten anfangend, nach und nach etwa zwölf Zellen gebaut, die durch Querwände geschieden sind. Letztere bestehen aus Holznagsel und dem Speichel der Biene und erhärten sehr rasch. Bevor eine Querwand gezogen wird, trägt die Holzbiene Pollen und Honig ein, die zu einem Futterbrei vermengt werden, und legt ein Ei darauf; dann wird durch die Querwand die Zelle geschlossen. In Südeuropa leben zahlreiche verwandte Arten, die den Hölzern bedeutenden Schaden zufügen. (Abb. 122d.)

3. Ameisen: Die ebenfalls den Hautflüglern zugehörigen Ameisen sind im Walde durch einige schädliche Arten vertreten.

Die in „Ameisenhaufen" lebende rote Waldameise, Formica rufa L. ist bedeutungslos. Dagegen sind die Riesenameisen, welche in lebenden Baumstämmen ihre Nester anlegen, schädlich:

Abb. 122c. Querschnitt durch Kiefernholz mit 2 offenen und 3 mit Bohrmehl verstopften Larvengängen der Kiefernholzwespe. Nat. Gr.

Formica (Camponotus) ligniperda Latr. und
Formica herculeana L. (Abb. 123) sind in Deutschland heimisch, in Südfrankreich lebt Formica pubescens F.

Alle drei Arten dringen durch kleine Rindenwunden in das Innere lebender Stämme ein, zerbeißen die weichen Teile der Jahresringe, das Sommerholz, und lassen das harte Herbstholz, die Äste und einzelne andere Teile stehen. Äußerlich ist nichts als die Öffnung zu erkennen, durch welche das Nagsel aus dem Stamm herausgeschafft wird. Auch meterweit kann der Stamm im Inneren zerstört sein. Sie befallen nicht nur stehende, sondern auch gefällte Stämme, selbst solche auf Lagerplätzen.

Formica ligniperda befällt besonders die Fichte, aber auch die Tanne, selten geht sie an Laubhölzer, wie Eiche, Linde, Akazie. Auch in Häusern nistet sie sich ein, wie schon seit 1874 bekannt ist. Im

Prättigau (Graubünden) hauste 1907 eine sehr starke Kolonie in den Dielen eines halbverlassenen Bauernhauses.

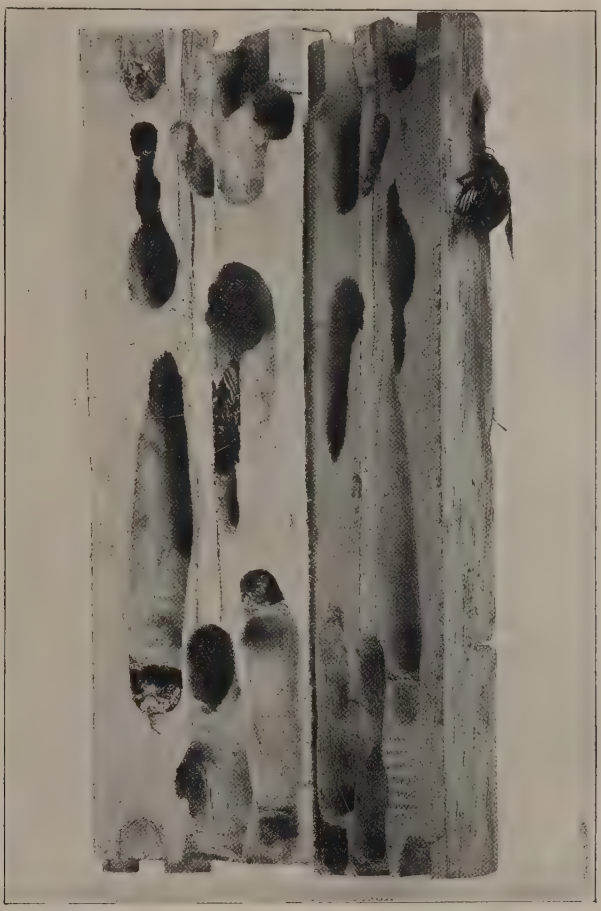


Abb. 122d. Bau der blauen Holzbiene. ½ nat. Gr.

Formica (Camponotus) herculeana L. In Nadelholz, vorwiegend unschädlich in Stubben. Sie kommt auch in Amerika vor, wo ihre Nester, wenn sie in Kiefern angelegt werden, den typischen Bau der europäischen Nester zeigen. In Ulme dagegen gleicht das Nest dem unten beschriebenen Bau von Formica rufa oder Lasius fuliginosus. Auch diese

Abb. 123. Formica herculeana. Männchen, Weibchen und Arbeiter. $^3/_4$ nat. Gr.

Art nistet gelegentlich in Gebäuden. Im Pfarrhause zu Ennenda bei Glarus haben sich diese Ameisen seit etwa 1855 oder 1860 trotz aller Verfolgungen gehalten und bewohnen jetzt (Januar 1913) noch die Balken desselben.

Abb. 124. Kiefernstamm von der roten Waldameise bearbeitet. Nat. Gr.

Formica pubescens lebt in Seekiefern (Pinus maritima).

Rote Waldameise (Formica rufa L.). Das morsche Holz von Kiefernstubben, über welchen Formica rufa, die rote Waldameise, ihre Haufen baut, wird von dieser in einzelne kleine unregelmäßige Kammern verwandelt (Abb. 124), während die Hohlräume in den von den drei erstgenannten Arten befallenen Stämmen lange enge konzentrische Stücke von Hohlzylindern darstellen. (Abb. 125.)

In fast derselben Weise bearbeitet die schwarze Holzameise, Lasius fuliginosus, das Innere anbrüchiger Stämme. Sie nagt das Holz ab und baut aus den zerkauten Fasern, die mit einem Drüsensekret gemischt werden, die wunderbaren Kammern ihres Nestes.

d) Schnabelkerfe. Eine Art der Schildläuse wird technisch schädlich. Sie gehört in die Gattung Lecanium, welche sich dadurch auszeichnet, daß der Schild aus einer Verdickung der Rückenhaut des geschlechtsreifen Weibchens gebildet wird.

Eichenschleimflußschildlaus, Lecanium (Kermes) quercus L. (Abb. 126a.) Die Weibchen sitzen in

Rindenritzen älterer Eichen oder Buchen, haben ihre feinen Saugborsten tief durch die Rinde eingeführt, saugen, wachsen und schwellen an bis zur Dicke einer Erbse. Sie legen sehr viele Eier ab, die sie sterbend mit ihrem schwarzen Körper, dessen weiche Bauchseite einschrumpft, bedecken. Die später aus den Eiern entschlüpfenden Jungen setzen sich oft reihenweise in den Borkenritzen fest und saugen. An diesen Stellen platzt die Rinde, aus dem feinen Spalt sickert Saft herunter, der eine nasse Straße bildet, in Gärung übergeht und von vielen Saft liebenden Tieren (Käfern, Schmetterlingen, Wespen, Fliegen, Milben und Würmern) gesucht wird. (Abb. 126 b.) Unter der Rinde bildet sich an der Saugstelle ein mehr oder minder großer Hohlraum, derselbe färbt sich schwarzbraun und ist mit einer schmierigen Masse ausgekleidet. (Abb. 126 c.) Falls es nicht zu der Bildung solcher Hohlräume kommt, reagiert die Eiche durch Überwallung und Umwallung der einzelnen Saugwunden, welche als zapfenartig nach der Rinde vorspringende Maserung im Holz zum Ausdruck kommt.

Abb. 125. Fichtenstamm von Formica ligniperda besetzt. Nat. Gr.

e) Zweiflügler. Wenn auch unter den Zweiflüglern keine das Holz technisch entwertende Art bekannt ist, so empfiehlt es sich doch, hier auf eine Fliege aufmerksam zu machen, deren Larven die allbekannten Markflecken in Birken (Betula verrucosa und pubescens), Erle (Alnus glutinosa und incana), Hasel, Weißdorn, Weide und anderen Holzarten hervorruft.

Agromyza carbonaria Zett. ist eine glänzend schwarze Fliege; ihre rein weiße Made ist lange Zeit ihres Lebens nur 4—5 mm lang; erwachsen mißt sie 20 mm. (Abb. 127 a). Wie alle Maden hat sie keinen Kopf und keine Beine. Sie fertigt dicht unter der Rinde einen schmalen engen, aber sehr langen, braun gefärbten Gang, der von oben nach unten gerichtet ist, mit seitlich kurzen Abzweigungen (Abb. 127 a), der ohne

Schwierigkeit von dem nächsten Jahresring überwallt wird. Da die Fliegen die Bäume fast Jahr für Jahr befallen, liegen die Gänge in allen Jahresringen und geben auf dem Querschnitt das für Erlen- und Birkenholz bekannte Aussehen (Abb. 127 b). Die braune Farbe des Ganges und später der Markflecke rührt von einer Aufnahme von Sauerstoff in die verwundeten Zellen her. Mit ihrem Mundhaken am Vorderende des kopflosen Körper ritzt die Larve die Zellen des Cambiums und saugt ihren Inhalt auf. Die verwundeten Zellen drücken sich seitlich zusammen und so entsteht der Gang. Die Larve frißt nicht nur die Zellen, die vor ihrem Kopfe, also unter ihr liegen, sondern auch seitliche; deshalb wird der Gang breiter als der Körper des Tieres. Oft kreuzt die Larve einen älteren Gang, oft frißt sie in einem solchen weiter.

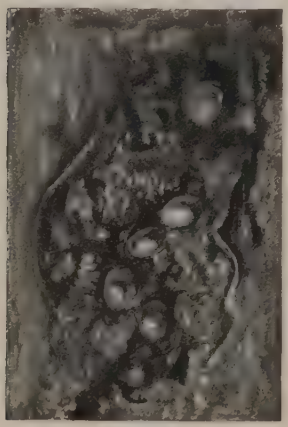


Abb. 126 a. Lecanium quercus. Man sieht die kugelig aufgetriebenen Schildläuse in einem Spalt der aufgeplatzten Rinde. $^2/_1$ nat. Gr.

Abb. 126 b. Eichenrinde infolge des Schleimflusses schwarz verfärbt. Nat. Gr.

D. Krebstiere.

Die Kellerassel (Oniscus murarius) soll in einem Keller in Paris die Korke der Weinflaschen angefressen haben). Die Wasserassel (Asellus aquaticus) (Abb. 128), ein der Kellerassel nahestehendes Tier von etwa gleicher Größe, ist einmal, und zwar in den Rotterdamer

Wasserleitungen als Holzzerstörer schädlich geworden. Die von dem Wasser mitgeführten Tiere nährten sich vom Holz der Balken, auf denen die Filter ruhten, weil sie nichts anderes zu fressen hatten. Sie nahmen das weiche Sommerholz, so daß das härtere Herbstholz der Jahresringe in Form von schwachen Leisten vorstand und die Oberfläche der Balken ein welliges Aussehen hatte.

Abb. 126 c. Dasselbe Stück wie Abb. 126 b. Man sieht den Hohlraum unter der Rinde, von dem der Saft austritt. Nat. Gr.

β) Holzzerstörende Tiere fremder Erdteile [1]).

Die ausländische Literatur enthält nicht wenige Angaben über technisch schädliche Tiere. Vorwiegend aber befaßt sie sich eingehend mit jenen Arten, welche land- und forstwirtschaftliche Kulturpflanzen physiologisch schädigen.

Ein Vergleich der fremdländischen mit der heimischen Fauna läßt erkennen, daß es Vertreter derselben Tiergruppen, oft sogar dieselben Arten sind, welche hier wie dort in ähnlicher oder gleicher Weise das Nutzholz angreifen. Nur insofern besteht ein Unterschied als man dort, wo noch Überfluß an Holz herrscht, nur die gesundesten Stämme benutzt, während in Europa eine weitgehende Ausnutzung alles geschlagenen Holzes durchgeführt wird und damit naturgemäß eine ganze Reihe von Schädlingen aus dem Walde nach dem Lagerplatz, in die Werkstatt, in den Neubau eingeschleppt wird. Aber schon in Deutsch-Ostafrika konnte man ganz besonders reiche Ausbeute an solchen Käfern, die im geschlagenen Holze leben, dort (im Mkulumuzi-Wald) machen, wo längere Zeit Holz gefällt worden war. Das nicht brauchbare hat man sicherlich liegen gelassen und hier war diesen Insekten (Platypiden) reiches Brutmaterial geboten. Es gibt auch Insektengruppen, die in Europa technisch bedeutungslose Arten enthalten, während nahverwandte außereuropäische Arten technisch schädlich sind, wie z. B. die Holzhummel Xylocopa. Diese schöne große violettschwarze Hummel nagt in Deutschland ihre Gänge nur in morschem, nicht verbautem Holz, dabei ist sie selten. Die ostafrikanischen Xylocopa nigrita F., Xylocopa senior Vach, ebenso Anthopora acraensis F. und Anthropora bipartita Sm., die auch in trockenem Holz, und zwar häufig angetroffen wurden, zernagen Dachbalken, in welchen sie kurze, weite Gänge fertigen.

In den Vereinigten Staaten von Amerika klagt man ganz außer-

[1]) Vgl. S. 150.

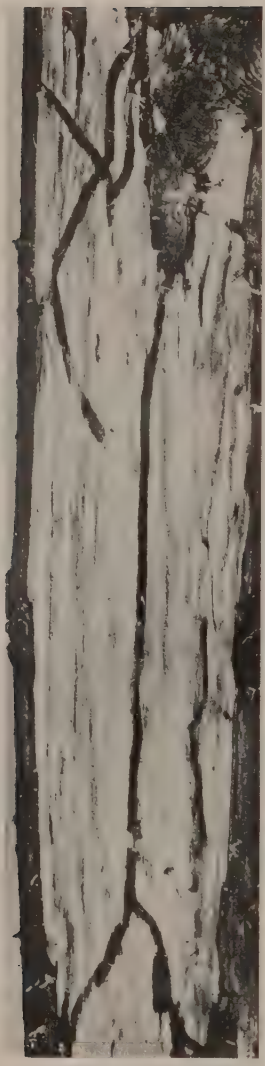


Abb. 127 a. Erlenstämmchen. Die schwarzen Bänder sind die in Wirklichkeit braun gefärbten Larvengänge der Agromyza. Nat. Gr.

ordentlich über die Tätigkeit der Spechte. Während in Deutschland nur eine Saft leckende Art, der große Buntspecht, vorkommt, ist diese Gruppe in Amerika durch drei Arten vertreten: the yellow-bellied sapsucker, Sphyrapicus varius, the red-breasted sapsucker, Sphyrapicus ruber, the Williamson sapsucker, Sphyrapicus thyroideus.

Deshalb werden „Wanzen"- oder „Ringelbäume" dort häufig gefunden und der Schaden ist viel bedeutender als der in Europa angerichtete. Die Beschädigung und ihre Folgen entsprechen denen des deutschen Buntspechtes. Dagegen werden andere Spechtarten: the red-headed woodpecker, Melanerpes erythrocephalus, the golden-fronted woodpecker, Centurus aurifrons und zahlreiche andere Arten dadurch schädlich, daß sie Telegraphen- und Telephonmaste benutzen, um darin ihre Nisthöhlen anzulegen; ebenso haben diese Spechte auch die Balken von Gebäuden, besonders an Schulhäusern und Kirchen, ferner auch Zäune in derselben Weise beschädigt.

In Nordamerika gibt es Borken- und Bockkäfer, welche genau ebenso leben, wie die in Deutschland heimischen Arten, so fertigt Gnathotrichus materiarius Fitch im Kiefernholz Gänge, welche jenen von Platypus cylindrus fast vollständig gleichen, Monathrum mali lebt ganz in derselben Weise in Ahornholz. Prionus pocularis Dahn entwickelt sich in kränkelnden Kiefern, Sitodrepa panica L. lebt ähnlich wie unsere Anobien im Holzwerk. Parandra brunnea entspricht in seiner Lebensweise etwa dem deutschen Callidium (Hylotrupes) bajulum. Vor allem anderen befällt er Telegraphenstangen (Kastanienholz) und zwar nahe an der Erdoberfläche bis zu etwa 1 m Höhe und Tiefe. Die Larven fressen anfangs flache Gänge in der Längsrichtung des Splintholzes, gehen dann später in das Kernholz über; ihre Gänge sind mit feinem Bohrmehl verstopft.

Von anderen Käfern sind zu nennen: Asemum maestum Hald in Weymouthskiefer, Monohammus scutellatus Say. in Weymouthskiefer, Pinus monticola und P. flexilis, Pinus rigida, P. echinata, P. taeda, P. palustris, P. resinosa, Monohammus confusor Kby. in Pinus rigida und verwandten Picea-Arten, Rhagium lineatum Oliv. in Weymouthskiefer, Ergates spiculatus Lec. in Pinus ponderosa und P. jeffreyi, P. rigida und verwandten, Tetropium cinnamopterum Kby. an Picea-Arten, Sinoxylon basilare Say. an Hicoria, Lymexylon sericeum Harr. an Kastanie und Eichen, Xylecoc-

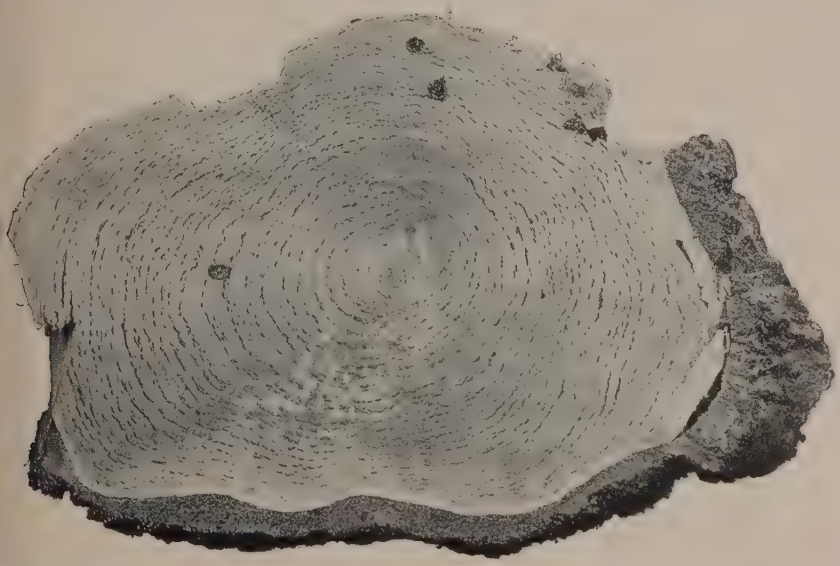


Abb. 127 b. Stockabschnitt einer Birke mit zahlreichen „Zellengängen" der Agromyza carbonaria in allen Jahrringen. ½ nat. Gr.

tus lugubris Say. an Kastanie, X. americanus Harr. an Eichen.

Nordamerika ist reich an Tieren, die aus Europa eingeschleppt wurden. Zeuzera pyrina ist jenseits des Ozeans ein gefürchteter Schädling. Ebenso ist Agrilus sinuatus Oliv. ein aus Europa eingeschleppter Prachtkäfer von 1 cm Länge, der in New Brunswick lokal auftritt. Die Larve wird über 4 cm lang, lebt wie alle Prachtkäferlarven unter der Rinde und geht zur Verpuppung verhältnismäßig tief in das Holz des Birnbaumes, der dadurch physiologisch geschädigt und technisch entwertet wird.

Im Kaukasus befällt ein Bockkäfer, Stromatium unicolor Ol., Holzgeräte und durchnagt sie; gleichzeitig tritt oft in denselben Stücken ein Anobium (Anobium striatum) auf und beteiligt sich an dem Zerstörungswerk.

Ein Bockkäfer, Phrystola assimilis Rbl., wurde 1904 als Schädling von Kickxia elastica in Debundja beobachtet.

In Kiautschou tritt an Ailanthus der stammbohrende Rüsselkäfer Cryptorhynchus serobiculatus Motsch schädlich auf. Die Bockkäferlarve Cyrtognathus chinensis Thoms. bohrt in den Stämmen von Akazie, Pappel, Ulme und Apfelbaum.

Eine Cosside, **Prionoxystus robinae** Grt., lebt ähnlich wie Zeuzera pyrina in großen Gängen inmitten von Laubholzstämmen, besonders von Eichen, und beschädigt sie so, daß sie nur zu Brennholz brauchbar sind; mehrere Arten Bockkäfer sind als Holzzerstörer bekannt, sie leben,

Abb. 128. Wasserassel von unten. 1/1 nat. Gr.

Abb. 129. Termiten aus Deutsch-Ostafrika. Nat. Gr.

wie Cerambyx cerdo in Bäumen, ohne deren Gesundheit zu beeinflussen, aber das von ihnen befallene Holz ist zu nichts zu gebrauchen. Monochammus confusor Kirby, meist in anbrüchigem Holz, hat auch gesunde Stämme befallen und entwertet. Cyllene pictus Dru. wird in Hickoryholz oft sehr schädlich, ebenso Saperda lateralis Fabr.

In Südindien wird ein Verwandter des in Deutschland heimischen harmlosen Zuckergastes (Lepisma, der mir die in einem Wandschrank aufgespeicherten alten Kollegshefte zerfraß) dem Holze gefährlich. Ebendort hat ein Borkenkäfer Xyleborus perforans Woll. (= X. kraatzi Eichh.?) großen Schaden angerichtet, weil er sich in Faßdauben entwickelte.

Termiten (fälschlich weiße Ameisen) Termitidae, zur Ordnung der Gradflügler (Orthoptera) gehörig. Sie leben gesellig in

Nestern, Baumstämmen oder oft riesigen 5—6 m hohen Bauten, die von Arbeitern, Soldaten und deren Larven wimmeln und einen König und eine Königin als Geschlechtstiere beherbergen; diese werden in besonderen Kammern von den Arbeitern gepflegt. Die Fruchtbarkeit der Königin ist ungeheuer; sie legt Millionen von Eiern.

Die Termiten (Abb. 129) zerstören alle zernagbaren Gegenstände, nichts ist vor ihnen sicher. Lebende Stämme, landwirtschaftliche Nutzpflanzen, Kaffeestrauch, Kautschukbäume, fallen ihnen zum Opfer. Vor allen Dingen wird jegliches tote Holz, wie Balken, Pfosten, Dielen, Möbel, Geräte, Eisenbahnschwellen, Telegraphenstangen befallen, ebenso sind alle Geräte, Stiefel, Kleider, Papier, ihren An-

Abb. 130a. Kistendeckel aus Daressalam (Ostafrika) von Termiten befallen. $^3/_4$ nat. Gr.

griffen ausgesetzt. Durch die kleinsten Risse dringen sie ein und zerstören das Innere des Gegenstandes vollständig, ohne die äußerste Schicht im geringsten zu verletzen. (Abb. 130a u. b.) Selbst das Guttapercha einer Kabelleitung zerstörten sie (1896) in Französisch-China.

Von allen Landtieren fügt die Termite den Hölzern den größten Schaden zu, von den Wassertieren ist der Bohrwurm (Teredo navalis) ihr Gegenstück. Beide Holzzerstörer bezeichnete Linné mit „Calamitas", den Bohrwurm mit „Calamitas navium" und die Termite mit „Summa calamitas utriusque Indiae". Die Beschädigungen der Termiten erscheinen je nach der Holzart verschieden. Das in Abb. 130 c dargestellte, aus Indien stammende Weichholz Abies pindrow ist derart befressen,

daß von jedem Jahresring das weiche Holz weggefressen, das harte in schmalen Lamellen stehen geblieben ist.

Die harten Holzarten, wie Odina wodier, lassen die Spuren der scharfen Kiefern erkennen, wie man sie an Eichenwurzeln vom Engerling oder an Wunden, welche die Hornisse genagt hat, kennt. Die beiden anderen Stücke von Phyllantus emblica noch mehr jenes von Stephegyn parvifolia sind sehr harte schwere Kernstücke, die den Termiten viel zu schaffen machten, sie sehen aus wie ein hartes Holz, etwa Eichenholz, das lange an der Küste ein Spiel der Wellen war. Das weiche Holz ist nur soweit geschwunden, als die vorragenden Teile des harten Holzes es nicht schützten. Dieses selbst ist benagt, aber nicht scharf, es zeigt vielmehr überall sanfte Rundung. Einige Harthölzer[1]) werden als termitensicher bezeichnet, so das Zedernholz in Venezuela, in Togo und Kamerun, Djati und Teak, in Ostafrika Mwuleholz und in Deutsch-Südwestafrika Kameldornholz (Acacia giraffae), doch ist das letztere auch schon befallen worden. Planmäßige Versuche mit rohen Harthölzern scheinen in unseren Kolonien noch nicht gemacht worden zu sein. Jedenfalls muß man Angaben über termitensichere Hölzer sorgfältig nachprüfen, da die Bedingungen, unter denen die Termiten die Hölzer befallen, noch wenig bekannt sind. Oft werden dieselben Hölzer (wie Jarrah) an einem Ort verschont, am anderen befallen. In das Holz der Häuser dringen sie nicht von außen ein, wie unsere Holzwürmer, sondern sie legen von der Erde aus lichtgeschützte Stollen und Schächte an, die in das Holz hineinführen. Ganz aus Holz erbaute Häuser sind am meisten gefährdet, da die Termiten vom Erdboden

Abb. 130 b. Kiefernpfosten aus einem Holzhaus in Duala (Kamerun) von Termiten zerstört. 1/2 nat. Gr.

[1]) Nach Troschel, „Holzzerstörende Termiten". Zentralbl. d. Bauverw. 1913. Nr. 77.

unmittelbar in das Holzwerk eindringen können. Ein massives Grundmauerwerk vermag nur einigermaßen Schutz zu gewähren, wenn es mit gutem reichlichen Mörtel vermauert und keine Lücken enthält. Luftziegel sind nicht zu empfehlen, da die Termiten in den Hohl-

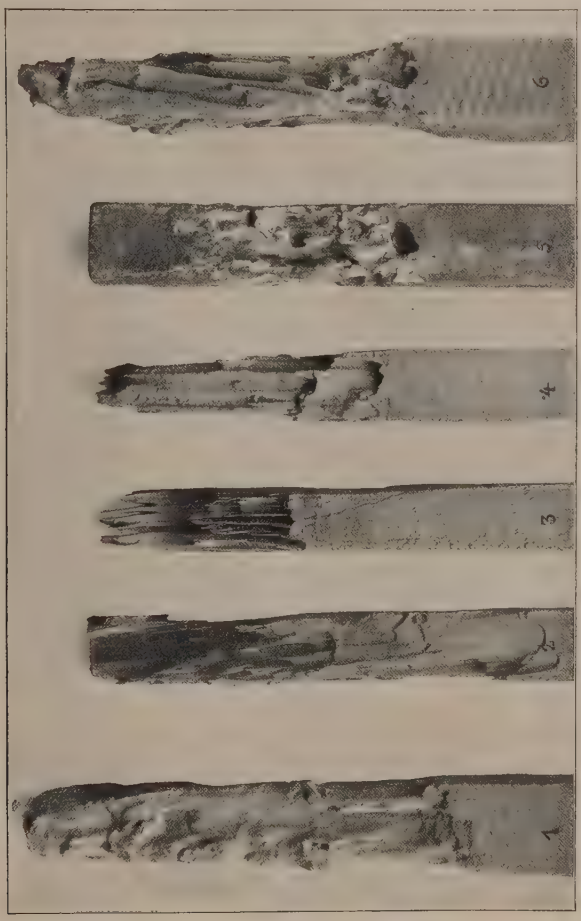


Abb. 130c. Probehölzer aus Dehra Dun (Vorder-Indien) von Termiten zerfressen. 1. Stephegyne parvifolia. 2. Picea morinda. 3. Abies pindrow. 4. Odina wodier. 5. Boswellia serrata. 6. Phyllantus emblica.

räumen Gänge bauen, die oft auf großen Umwegen zum Holze führen. Selbst bei einer völlig dichten Grundmauer versucht die Termite, bisweilen in das Holz zu gelangen, indem sie von außen oder von innen einen senkrechten Erdwulst an dem Mauerwerk hochführt, der sich den Mauervorsprüngen anschmiegt und bis zu der ersten Holzschwelle reicht. In

diesem Erdwulst führen nun lichtgeschützte Gänge vom Erdboden in das Holzwerk des Hauses. Solch ein Kunstbau nimmt oft mehrere Nächte in Anspruch und gelingt meistens nur, wenn das Haus zeitweilig unbewohnt ist.

Die südeuropäischen Arten sind Termes lucifugus und Termes ruficollis. Die letztere schadet in Olivenhainen und Obstgärten, die erstere befällt verbautes Holz, zumal Kiefer und Eiche. Seit 1797 sind sie im Südwesten von Frankreich bekannt, und sollen von der Küste aus eingeschleppt sein. 1829 mußten die Marinearsenale der Mittelmeerhäfen schon umfangreiche Abwehrmaßregeln treffen. In La Rochelle hatten sie im Archiv alle Bände bis auf die äußeren Teile der Einbände aufgefressen, Treppenpfosten vernichtet. Sie haben sich seitdem im Süden von Frankreich immer weiter ausgebreitet und gelten dort nächst dem Hausbock (Hylotrupes bajulus) als die schädlichsten Holzzerstörer. In Schönbrunn bei Wien sollen sie vorübergehend aufgetreten sein und dort ein Gewächshaus zerstört haben.

γ) Übersicht der in Deutschland das Nutzholz zerstörenden Tiere, nach Holzarten geordnet.

In nachstehender Übersicht sind die, gesunde stehende Stämme angreifenden Holzzerstörer gesperrt gedruckt.

Alle anderen entwickeln sich sowohl in kränkelnden Stämmen, wie in totem Holz, mag der Stamm noch stehen, geschlagen sein, auf dem Lagerplatz liegen oder verarbeitet sein.

Es gibt kein Tier, das ausschließlich in Bau- und Werkholz, nicht aber im toten Holz des Waldes vorkäme, abgesehen vielleicht von einzelnen Anobienarten, — selbst der Hausbock ist im Walde in Kiefernstubben gefunden worden. Dagegen belegen, wie im vorhergehenden Abschnitt an entsprechender Stelle angegeben ist, manche Arten nur berindetes Holz; diese in nachfolgender Übersicht auszuscheiden, erschien untunlich, da jedes entrindete Stück, wenn auch vielleicht nur kurze Zeit, im Walde mit Rinde gelegen haben muß.

A. Laubhölzer.

Ahorn (Acer).

Cervus elaphus L., Rotwild 151[1]).
Cossus cossus L., Weidenbohrer 184.
Rhopalopus insubricus Germ., Ahornbock 178.
Xyleborus saxeseni Rtz., Saxesens Bohrkäfer 167.
Xylocopa violacea, blaue Holzbiene 189.
Xyloterus domesticus L., Buchennutzholzbohrkäfer 167.
Xyloterus signatus F., Liniierter Laubholzbohrer 167.
Zeuzera pyrina L., Blausieb 184.

Akazie (Robinia).

Formica (Camponotus) ligniperda Labr., Holzameise 192.
Gnorimus nobilis L. 154.
Picus major L., Großer Buntspecht 152.

[1]) Die Zahlen verweisen auf die Seiten.

Aspe, Espe (Populus tremula).

Cervus elaphus L., Rotwild 151.
Picus major L., Buntspecht 152.
Saperda carcharias L., Großer Pappelbock 181.

Birke (Betula).

Agromyza carbonaria, Zett 193.
Cervus elaphus L., Rotwild 151.
Lymexylon dermestoides 155.
Xyleborus saxeseni Rtzbg., Saxesens Bohrkäfer 167.
Xyloterus domesticus L., Buchennutzholzbohrkäfer 167.
Xyloterus signatus F., Liniierter Laubholzbohrer 167.
Zeuzera pyrina L., Blausieb 184.

Buche (Fagus).

Anisandrus dispar F., Ungleicher Bohrkäfer 168.
Callidium sanenineum L., Roter Scheibenbock 173.
Callidium variabile L., Veränderlicher Scheibenbock 173.
Cervus elaphus L., Rotwild 151.
Cossus cossus L., Weidenbohrer 184.
Lymexylon (Hylecoetus) dermestoides L., Sägehörniger Bohrkäfer 155.
Lymexylon flabellicornis Schneid. Kammhörniger Bohrkäfer 156.
Platypus cylindrus F., Eichenkernkäfer 170.
Xyleborus saxeseni Rtzb., Saxesens Holzbohrer 167.
Xylocopa violacea, blaue Holzbiene 189.
Xyloterus domesticus L., Buchennutzholzbohrkäfer 167.
Xyloterus signatus F., Liniierter Laubholzbohrer 167.
Zeuzera pyrina L., Blausieb 184.

Eberesche, Vogelbeere (Sorbus).

Xyleborus saxeseni Rtz., Saxesens Holzbohrer 167.
Zeuzera pyrina L., Blausieb 184.

Edelkastanie (Castanea).

Apathe capuzina L., Rotflügelicher Holzbohrer 158.
Callidium variabile L., Veränderlicher Scheibenbock 173.
Callidium (Phymatodes) lividus Ros. 173.
Platypus cylindrus F., Eichenkernkäfer 170.
Zeuzera pyrina L., Blausieb 184.

Eiche (Quercus).

Anisandrus dispar F., Ungleicher Bohrkäfer 168.
Anobium (Ptilinus) pectinicornis L. 157.
Anobium rufo-villosum Geer 157.
Agrilus undatus 154.
Apate capuzina L., rotflügiger Holzbohrer 158.
Buprestis rutilans L., Lindenprachtkäfer 154.
Callidium variabile L., veränderlicher Scheibenbock 173.

Caulotrupis aeneopiceus Boh. 162.
Cervus elaphus L., Rotwild 151.
Cerambyx cerdo L., Eichenbock 178.
Cerambyx scopolii Laichh., kleiner Spießbock 180.
Clytus arcuatus L., vierbeiniger Eichenwidderbock 178.
Clytus rhamni Germ. 178.
Clytus tropicus Panz. 178.
Cossus cossus L., Weidenbohrer 184.
Lecanium quercus, Eichenschleimflußschildlaus 192.
Lyctus unipunctatus Hbst., pechbrauner Holzbohrer 159.
Lymexylon navale L., Werftkäfer 156.
Lymexylon dermestoides L., sägehörniger Bohrkäfer 155.
Nacerdes melanura L., 160.
Picus major L., Buntspecht 152.
Platypus cylindrus F., Eichenkernkäfer 170.
Schwarzer Wurm = Xyleborus.
Xyleborus dryographus Rtzb., kleiner schwarzer Wurm 169.
Xyleborus monographus F., kleiner schwarzer Wurm 169.
Xyleborus saxeseni Rtzb., Saxesens Holzbohrer 167.
Xyloterus domesticus L., Buchennutzholzbohrkäfer 167.
Xyloterus signatus F., liniierter Laubholzbohrer 46.
Xylocopa violacea, blaue Holzbiene 189.
Zeuzera pyrina L., Blausieb 184.

Erle (Alnus).

Agromyza carbonaria Zett., 193.
Cervus elaphus L., Rotwild 151.
Cossus cossus L., Weidenbohrer 184.
Cryptorhynchus lapathi L., Erlenrüßler 163.
Xyleborus saxeseni Rtz. Saxesens Holzbohrer 167.
Xyloterus (Tomicus) domesticus L., Buchennutzholzbohrkäfer 167.
Xyloterus (Tamicus) signatus L. 167.

Esche (Fraxinus).

Callidium variabile L., veränderlicher Scheibenbock 173.
Cervus elaphus L., Rotwild 151.
Cossus cossus L., Weidenbohrer 184.
Zeuzera pyrina L., Blausieb 184.

Hainbuche, Weißbuche (Carpinus).

Callidium variabile L., veränderlicher Scheibenbock 173.
Cervus elaphus L., Rotwild 151.

Linde (Tilia).

Cossus cossus L., Weidenbohrer 184.
Buprestis rutilans L., Lindenprachtkäfer 154.
Formica ligniperda Latr., Holzameise 190.
Picus major L., großer Buntspecht 152.
Xyleborus saxeseni Rtz., Saxesens Bohrkäfer 167.
Xyloterus signatus F., liniierter Laubholzbohrer 167.

Obstbäume.

Anisandrus dispar F., Ungleicher Bohrkäfer 168.
Callidium variabile L., veränderlicher Scheibenbock 173.
Cossus cossus L., Weidenbohrer 184.
Xyleborus saxeseni Rtzb., Saxesens Holzbohrer 167.
Zeuzera pyrina L., Blausieb 184.

Pappel (Populus).

Cervus elaphus L., Rotwild 151.
Cossonus parallelopidedus Hbst., Rindenrüßler 162.
Cossus cossus L., Weidenbohrer 184.
Saperda carcharias L., großer Pappelbock 181.
Sesia apiformis, Hornissenschwärmer 185.
Xyleborus saxeseni Rtz., Saxesens Nadelholzbohrer 167.

Roßkastanie (Aesculum).

Callidium variabile L., Scheibenbock 173.
Xyleborus saxeseni, Saxesens Holzbohrer 167.
Zeuzera pyrina L., Blausieb 184.

Traubenkirsche (Prunus padus).

Cossus cossus L., Weidenbohrer 184.

Ulme (Ulmus).

Callidium variabile L., veränderlicher Scheibenbock 173.
Cossonus parallelopipedus Hbst., Rindenrüßler 162.
Cossus cossus L., Weidenbohrer 184.
Eccoptogaster (Scolytus) laevis Chap., Ulmensplintkäfer 164
Zeuzera pyrina L., Blausieb 184.

Walnuß (Iuglans).

Cossus cossus L., Weidenbohrer 184.

Weide (Salix).

Agromyza carbonaria Zett., 193.
Aromia moschata L., Moschusbock 180.
Cerambyx pygmaeum Fabr. (Gracilaria minuta F.) 172.
Cossus cossus L., Weidenbohrer 184.
Cryptochynchus lapathi L., Erlenrüßler 168.
Leptidea brevipennis Muls. 172.
Saperda carcharias L., großer Pappelbock 181.
Zeuzera pyrina L., Blausieb 184.

B. Nadelhölzer.

Fichte (Picea).

Anobium domesticum Geoffr., (striatum Oliv.) Totenuhr 157.
Anobium molle L. 157.
Anobium pertinax L. 157.

Anobium carpini Hbst. 157.
Caenoptera minor L., Kurzdeckenbock 171.
Callidium aeneum Geer. 173.
Callidium bajulum L., Hausbock 174.
Cervus elaphus L., Rotwild 151.
Ergates faber L., Mulmbock 171.
Formica ligniperda L., Holzameise 192.
Monochammus sartor F., Schneiderbock 180.
Monochammus sutor F., Schusterbock 180.
Rhyncolus culinaris Germ. 162.
Sirex gigas L., gelbe Fichtenholzwespe 186.
Sirex juvencus L., Kiefernholzwespe 186.
Sirex spectrum L., Schwarze Tannenholzwespe 186.
Tetropium luridum L., Fichtenbock 176.
Xyleborus saxeseni Rtzb., Saxesens Holzbohrer 167.
Xyloterus lineatus Oliv., gestreifter Nadelholzbohrer 165.

Kiefer (Pinus).

Anobium domesticum Geoffr., Totenuhr 157.
Anobium molle L. 157.
Anobium pertinax L. 157.
Asemum striatum, Düsterbock 172.
Callidium bajulum L., Hausbock 174.
Cervus elaphus L., Rotwild 151.
Criocephalus rusticus, Grubenholzbock 172.
Ergater faber L., Mulmbock 171.
Formica rufa L., Waldameise 192.
Lamia aedilis L., Zimmerbock 180.
Mycophilus minor Rtzb., kleiner Kiefernmarkkäfer 164.
Monochammus galloprovincialis Ol., Süddeutscher Kiefernbock 180.
Picus major L., großer Buntspecht 152.
Rhyncolus porcatus Germ. 162.
Rhyncolus strangulatus Perris 162.
Sirex noctilio L., Kiefernholzwespe 186.
Tetropium luridum L., Fichtenbock 176.
Xyleborus saxeseni Rtzb., Saxesens Holzbohrer 167.
Xyloterus lineatus Oliv., gestreifter Nadelholzbohrer 165.

Schwarzkiefer (Pinus Laricio).

Cervus elaphus L., Rotwild 100.
Xyleborus eurygraphus Rtzb. 170.

Seestrandkiefer (Pinus maritima).

Formica (Camponotus) pubescens L. 192.
Mesites aquitanus Fairm. 161.

Lärche (Larix).

Sirex gigas L., Riesenholzwespe 186.
Tetropium (Callidium) luridum L., Fichtenbock 176.
Xyleborus saxeseni Rtzb., Saxens Holzbohrer 167.

Tanne (Abies).

Callidium bajulum L., Hausbock 174.
Cervus elaphus L., Rotwild 151.
Formica ligniperda L., Holzameise 199.
Mordella barbatus Schaller, Schwarzkäfer 160.
Narcedes melanura L. 160.
Rhyncolus truncorum Germ. 162.
Sirex gigas L., gelbe Fichtenholzwespe 186.
Sirex spectrum L., schwarze Tannenholzwespe 186.
Xyloteres lineatus Oliv., gestreifter Nadelholzbohrer 165.

b) Wassertiere.

Vom Marine-Oberbaurat **Ernst Troschel**-Berlin.

Unter Wasser wird das Holz der Schiffe, Flöße und Pfahlwerke von Muscheln und Krebsen angegriffen. Diese Unterwasser-Schädlinge leben nur im Seewasser mit Ausnahme einer Bohrmuschel Martesia rivicola[1], die im Innern Javas in den Flüssen gefunden wurde.

Zwei Arten von Muscheln haben sich als Holzzerstörer besonders bemerkbar gemacht: die Fingermuscheln und die Bohrwürmer.

Während die meisten Arten der Fingermuscheln (Pholas) sich in weiches Gestein, Torf oder Klai einbohren, hat sich in neuester Zeit ein Vertreter dieser Gruppe, Pholas crispata, die krause Fingermuschel (Abb. 131 a), an verschiedenen Stellen der Nord- und Ostsee, so in Helgoland, Kiel und Gjedser, auch im Holz in größerem Umfange bemerkbar gemacht. (Abb. 131 b.) Die Fingermuscheln haben ihren Namen von einem fingerförmigen Zapfen, der zwischen den Muschelschalen am hinteren Ende des Körpers hervorgestreckt und wieder eingezogen werden kann. An der Vorderseite des Tieres klaffen die Schalen auseinander und lassen den runden Fuß sehen, mit dem das Tier saugen und sich festhalten kann. Die Schließvorrichtung der Muschelschalen gibt dem Tier die Möglichkeit, die Muschelschalen parallel ihrer ursprünglichen Lage voneinander zu entfernen und wieder zu nähern, so daß es seinen Umfang vergrößern und verkleinern kann. Die weißen Muschelschalen sind reihenweise mit scharfen Zähnchen besetzt gleich einer Raspel, so daß man sich wohl vorstellen kann, wie durch Drehbewegungen des Muschelkörpers Holz oder weiches Gestein abgeschabt wird.

Die krause Fingermuschel ist außer an der Küste der Nord- und Ostsee auch im Mittelmeer, im Roten Meer und an der Küste von Kalifornien beobachtet worden.

Der den Hölzern durch die Fingermuschel zugefügte Schaden scheint nicht sehr beträchtlich zu sein. Jedenfalls ist der Bohrwurm, ein Verwandter der Fingermuschel, den Wasserbauhölzern bei weitem verderblicher. (Abb. 132 a.)

[1] Eine verwandte Art Martesia striata ist in Japan gefunden worden. Das Zoologische Museum in Dresden besitzt ein von dieser Muschel zerstörtes Holzstück.

In allen Meeren, deren Salzgehalt wenigstens 1% beträgt, ist der Bohrwurm heimisch. In den Tropen tritt er im allgemeinen stärker auf als in der gemäßigten Zone. Im Mittelmeere war er schon im Jahre 400 v. Chr. Geb., wie uns Aristophanes berichtet, als Schiffsbohrer bekannt. In der Nordsee scheint er sich zuerst um 1580 bemerkbar gemacht zu haben. Jetzt ist er dort überall verbreitet und in dem westlichen Teil der Ostsee bis etwa zur Linie Kopenhagen-Warnemünde vorgedrungen. In unseren Kolonien ist er besonders gefräßig und gefürchtet. Bisweilen war ein Bauwerk kaum fertiggestellt — wie im südwestafrikanischen Kriege die Landungsbrücke in Swakopmund — als es schon vom Bohrwurm befallen war und zusammenzustürzen drohte. Es sind bis jetzt über 30 verschiedene Arten bekannt, die unter dem schon von Linné eingeführten Namen „Teredo navalis" zusammengefaßt werden. Die Muschelschalen fehlen auch dem Teredo nicht. Es sind aber nicht wie bei den meisten Muscheln, mit ihren Rändern aufeinander passende muldenförmige Schalen, die den ganzen Körper des Tieres in sich aufnehmen, sondern nur zwei halbringförmige, mit scharfen Zähnchen besetzte Kalkgebilde, die das verdickte Kopfende des wurmartigen Tieres umschließen und das Bohr- oder richtiger Raspelwerkzeug des Bohrwurmes darstellen. Am entgegengesetzten Ende läuft der schlauchartige Körper in zwei offene, bewegliche Röhren, die sog. Siphonen aus, die ständig von frischem Wasser umspült werden müssen. Die eine Röhre ist das Mundsypho zur Atmung und Wasseraufnahme, die andere das Aftersypho zur Abführung des verbrauchten Wassers und der abgeraspelten

Abb. 131 a. Krause Fingermuschel. Pholas crispata. Nat. Gr.

Abb. 131 b. Von der Fingermuschel zerstörtes Kiefernholz aus dem Hafen von Gjedser. 3/4 nat. Gr.

Holzteile. Die Siphonen können eingezogen und durch zwei kalkige Klappen, die Paletten, geschützt werden. Die Paletten der Bohrwürmer zeigen eine große Mannigfaltigkeit der Form und dienen dem Zoologen als Unterscheidungsmerkmale der verschiedenen Arten. Die Paletten des Bohrwurmes in Wilhelmshaven und Tsingtau sind spatenförmig, in Südwest haben sie die Form einer Schote, in Kamerun eines Löffels, in Togo einer Ähre. Andere haben die Gestalt eines Pinsels, einer Feder, eines Fächers, einer Hand, eines Schachtelhalmes usw. Ein Strauß solcher Paletten ist auf Abb. 132 b zusammengestellt.

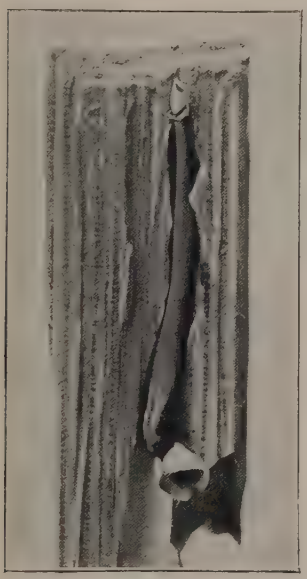


Abb. 132 a. Geöffneter Bohrwurmgang mit Bohrwurm in Kiefernholz aus Wilhelmshaven. Nat. Gr.

Im Jugendstadium lebt der Teredo als kaulquappenähnliche Larve im freien Wasser. Am Ende ihrer Entwicklung setzt sich die Larve an den vom Wasser umspülten Pfählen fest, um sich in das Holz hineinzubohren und als Bohrwurm ihr Leben zu beschließen. Sie hat dann etwa die Größe eines Stecknadelknopfes. Von derselben Größe sind auch die Eintrittsöffnungen an der Oberfläche des

Abb. 132 b. Paletten einiger Bohrwurmarten. Nat. Gr.

Holzes. (Abb. 132 c.) Im Innern erweitern sich die Bohrgänge, die stets mit einer Kalkausscheidung ausgekleidet sind, bald beträchtlich (Abb. 132 d) und erreichen an unseren Küsten im Mittel einen Durchmesser von 6—7 mm, als Maximum kann etwa 12 mm angenommen werden. Aus den Tropen sind Bohrwurmgänge von 5 cm Stärke bekannt. Die Durchschnittslänge der Bohrwürmer beträgt etwa 25 cm, doch sind bei uns auch schon Längen von 1 m und darüber gefunden worden. Die Bohrwürmer sind genau so lang wie die von ihnen gegrabenen Gänge. Nahe der Eintrittsöffnung ist der Teredo mit der Kalkauskleidung der Tunnelwände fest verwachsen, er kann daher

niemals den Pfahl oder seinen Tunnel verlassen. Er lebt wie ein an die Kerkerwand angeschmiedeter Gefangener in einer selbst hergerichteten Höhle, die schließlich seine Grabkammer wird. Obgleich oft Tausende in einem Pfahle zusammen vorhanden sind, findet man nie, daß ein Bohrgang in den anderen mündet oder einschneidet, selbst wenn die Gänge unmittelbar nebeneinander liegen. Gegen Feinde ist der Bohrwurm gut geschützt, da seine Höhle nur durch die kleine Eintrittsöffnung zugänglich ist und durch die Paletten fest verschlossen werden kann. Trotzdem

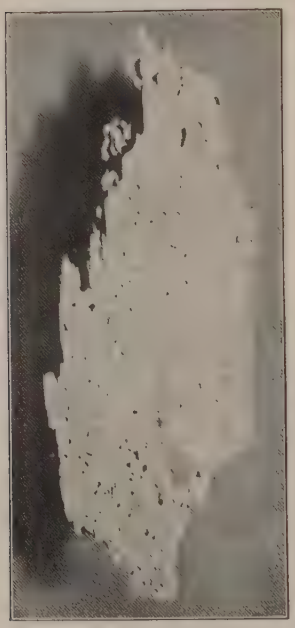


Abb. 132 c. Außenseite eines vom Bohrwurm befallenen Kiefernpfahles. 3/4 nat. Gr.

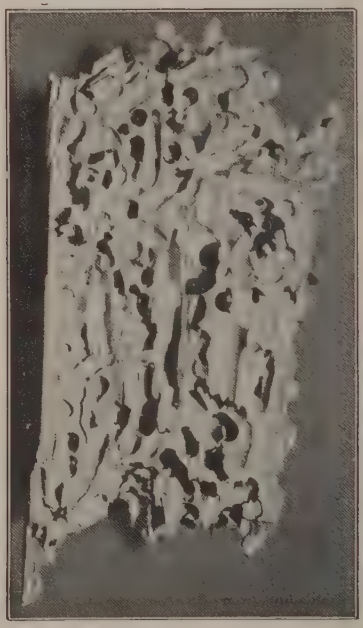


Abb. 132 d. Das Innere eines vom Bohrwurm befallenen Kiefernpfahles. 3/4 nat. Gr.

gelingt es bisweilen einem Raubgesellen, in die Höhle des Bohrwurmes einzudringen und ihn bei lebendigem Leibe aufzufressen. Ein Ringelwurm (Nereis fucata) bringt seine Eier vor das Atmungssypho und läßt sie von dem Bohrwurm zugleich mit dem frischen Wasser einsaugen [1]). Im Leibe des Teredo entwickeln sich aus diesen Eiern die Ringelwürmer (Abb. 133) und fressen ihren Wirt allmählich auf. Mit Hilfe dieses Schmarotzers, dessen Vermehrung durch künstliche Züchtung begünstigt werden

[1]) Vgl. Bronn, Klassen und Ordnungen des Tierreichs, Leipzig und Heidelberg 1862 III. Band I. Abb. S. 511.

könnte, würde es vielleicht gelingen, den Bohrwurm aus einem Hafen auszurotten.

Die Schwärmzeit der Larven währt nach meinen Beobachtungen in Tsingtau (1903—06) und in Wilhelmshaven (1906—08) nur etwa drei Monate, bei uns vom Juni bis August, in Tsingtau vom Juli bis September. In den Tropen, wie z. B. in Swakopmund, sind die Larven zu jeder Jahreszeit zu finden.

Der Bohrwurm greift alle Hölzer an, auch von den ausländischen Harthölzern ist noch keines bekannt, das gänzlich verschont geblieben wäre. (Abb. 134—136.) In Tsingtau wurden einige ausländische Hart-

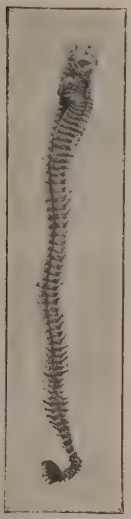


Abb. 133. Ringelwurm (Nereis fucata) aus dem Kieler Hafen. Nat. Gr.

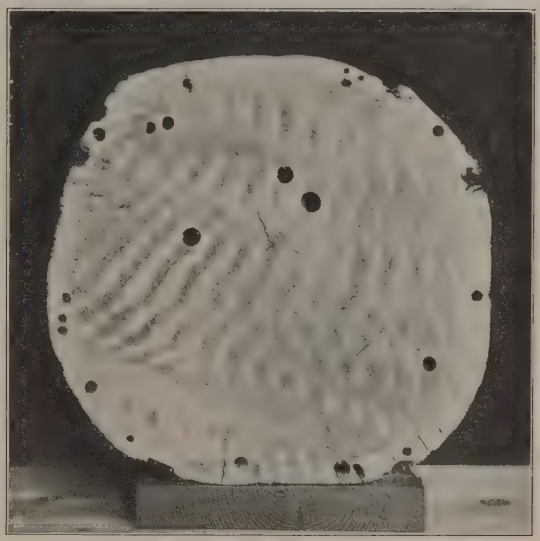


Abb. 134. Vom Bohrwurm befallenes Terpentinholz (turpentine). 1/2 nat. Gr.

hölzer, wie Billian und Terpentinholz nur wenig von der dort heimischen Bohrwurmart (Teredo troscheli) angegriffen, doch darf man diese Hölzer nicht ohne weiteres auch für andere Häfen empfehlen, in denen wieder andere Bohrwurmarten mit anderen Lebensbedingungen vorkommen.

Das Vorhandensein der Würmer ist nicht immer leicht festzustellen, da die Höhenlage, in der sie leben, zwischen Mittelwasser und Meeresgrund, nur zum kleinen Teil bei niedrigem Wasser der Untersuchung zugänglich wird. Eine bloße Beobachtung der Pfähle läßt die Zerstörung durch den Bohrwurm meistens nicht erkennen, da sich seine Anwesenheit

nur durch die kleinen Eintrittsöffnungen an der Oberfläche der Pfähle verrät. Diese kleinen Löcher sind aber meist durch Schlick, Tang und Muscheln ganz verdeckt, so daß das Holz äußerlich unbeschädigt erscheint, während das Innere bisweilen so zerfressen ist, daß es einer Bienenwabe gleicht (Abb. 132 d). Oft wird der Schaden erst entdeckt, wenn der vom Bohrwurm heimgesuchte Pfahl durch ein anfahrendes Boot zerbrochen wird oder durch sein Eigengewicht zusammenbricht. Um das Vorhandensein von Bohrwurmfraß festzustellen, müßte man die Oberfläche anschneiden. Die Untersuchung geschieht am besten an ausgezogenen Pfählen, da man die im Wasser stehenden nur durch einen Taucher gründlich untersuchen lassen könnte, zumal die Zerstörung unmittelbar über dem Meeresgrunde meist am stärksten ist.

Abb. 135. Vom Bohrwurm befallenes Eichenholz aus Wilhelmshaven. 1/2 nat. Gr.

Von den holzzerstörenden Krebsen ist die Bohrassel (Limnoria lignorum), auch Splintwurm (englisch „Gribble“) genannt (Abb. 137 a), am meisten verbreitet. Im Kiautschou-Gebiet habe ich sie im Jahre 1903 in großen Mengen vorgefunden; in unseren anderen Kolonien ist sie bisher nicht beobachtet worden. In der Nordsee ist sie erst in neuester Zeit heimisch geworden. 1868 wurde sie zuerst bei Brest und Cherbourg bemerkt und ist seitdem ständig nach Osten vorgedrungen, 1866 zeigte sie sich an der belgischen und holländischen Küste, 1906 fand ich sie in Wilhelmshaven und später in Cuxhaven, Amrum, Apenrade, Flensburg und Kiel. Sie ist also schon bis in die Ostsee gelangt und wahrscheinlich an der ganzen Küste der Nord- und Ostsee anzutreffen, soweit nicht der geringe Salzgehalt des Wassers ihrem Fortkommen ein Ziel setzt. Im Wasser, dessen Salzgehalt weniger als 1% beträgt, ist sie noch nicht gefunden worden. Die Bohrassel hat, wie andere Krebse, im Wasser vollständige Bewegungsfreiheit. Sie ist nicht, wie der Bohrwurm, gezwungen, an der Stelle ihr Leben lang zu bleiben, an der sie sich zum ersten Male festgesetzt hat, sondern sie kann, wenn sie nicht Nahrung[1])

[1]) Das Holz dient der Bohrassel nicht nur zur Wohnung, sondern auch zur Nahrung. Vgl. H. G. Bronn, Klassen und Ordnungen des Tierreichs, Leipzig 1901, V2 Crustacea S. 178.

genug an einem Holz findet, zu anderen Hölzern schwimmen, um dort eine neue Niederlassung zu gründen. Sie greift, ebenso wie der Bohrwurm, harte und weiche Hölzer an. (Abb. 137 b u. c.) Die Fortpflanzung der Bohrassel scheint an keine Jahreszeit gebunden zu sein.

Abb. 136.

Wenigstens sind im Sommer und Winter Weibchen mit reifen Eiern gefunden worden; ebenso werden die Hölzer von den Bohrasseln zu allen Jahreszeiten befallen, am stärksten allerdings im Frühjahr. Sie leben sehr gesellig; ihre Eier werden sorgfältig in Seitengängen abgelegt und gelangen dort zur Entwicklung. Da, wo nur wenige Asseln das Holz befallen haben, kann man deutlich die von den einzelnen Tieren gegrabenen fischgrätenartigen Kanalnetze, ähnlich den Gängen des Buchdruckers (Ips typographus), unterscheiden. Hat sich aber die zweite Generation in den Seitengängen entwickelt, so werden wieder neue Kanalnetze angebaut, bis schließlich an der Oberfläche des Holzes ein Wirrwarr von Kanälen entsteht, der dem Holz das Aussehen von grobnarbigem Leder gibt. Die ausgewachsenen Bohrasseln sind etwa 3 mm lang und können ganz erheblichen Schaden anrichten, wenn sie in großen Massen auftreten und jahrelang an denselben Hölzern nagen[1]).

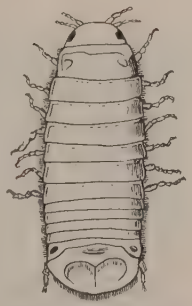


Abb. 137 a. Bohrassel aus der Nordsee. 14fach vergr.

[1]) Über Zerstörungen im Hafen von Plymouth siehe E. Moore: Froriep's Notizen VII 1838 Nr. 136.

Sie befallen die Pfähle etwas unter Niedrigwasser und nagen, nach Art der Biber, eine Schicht nach der anderen von der Oberfläche aus ab, so daß der Pfahl eine immer größere Einschnürung erhält, die schließlich seinen Zusammenbruch herbeiführt. Durch Bohrasseln wurde, wie der französische Ingenieur Clavenad berichtet, im Jahre 1879 in Cherbourg der Pfahlrost eines Marinegebäudes zerstört. Die Pfähle waren mit einer Betonschüttung umgeben, wie sie oft bei Gründungen verwendet werden, die einem wechselnden Wasserstand ausgesetzt sind. Die Betonschüttung hatte sich von den Pfählen gelöst, so daß dem Seewasser, und damit auch den Bohrasseln, der Zutritt zu den Pfählen offen stand [1]).

Abb. 137 b.

Im Hafen von Lowestoft wurden in einem Zeitraum von 3 Jahren Pfähle von 35 cm Durchmesser bis auf 10 cm abgefressen. Im Jadebusen und in der Kieler Förde ist der Durchmesser kieferner Rundpfähle in einigen Jahren um 10 cm verringert worden. Bei Mittelburg in Holland wurde im Jahre 1877 ein neues Schwimmbad erbaut, dessen Lagerhölzer schon nach 2 Jahren erneuert werden mußten, da sie von der Bohrassel zerstört waren [2]).

Abb. 137 c.

Die Lebensbedingungen der Bohrassel sind bedeutend günstiger als die des Bohrwurms. Die Bohrassel ist in allen Ecken und Winkeln eines Hafens, auch im Schmutzwasser, zu finden; der Bohrwurm aber ist mehr Feinschmecker und zieht klares,

[1]) Zentralbl. d. Bauverw. 1886, S. 266.
[2]) Zentralbl. d. Bauverw. 1887, S. 78.

fließendes Wasser vor. Mit Schlick überzogene Wasserbauhölzer können von dem Bohrwurm, der nur als mikroskopisch kleine kaulquappenähnliche Larve die Hölzer befällt, nicht angegriffen werden, während die Bohrassel, ein mit ziemlich kräftigen Beinpaaren bewehrtes Krustentier, leicht durch den Schlick an das Holz gelangen kann.

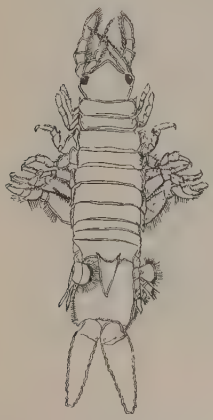


Abb. 138. Bohrkrebs. 14fach vergr.

Abb. 139 a. Männchen der Zuckmücke.

Abb. 139 b. Larve der Zuckmücke.

In England und Frankreich wird, oft in Begleitung der Bohrassel, ein anderer Vertreter der Krebse, der sog. Bohrkrebs (Chelura terebrans), gefunden. (Abb. 138.) Auch diesem Krebs dient, wie der Bohrassel, das Holz nicht nur zur Wohnung, sondern auch zur Nahrung. In unseren Häfen ist er bisher noch nicht bemerkt worden. Da aber die Bohrassel in verhältnismäßig kurzer Zeit von Cherbourg bis Kiel gewandert ist, so ist es nicht unwahrscheinlich, daß auch der Bohrkrebs schon weiter nach Osten bis zur deutschen Nordsee Küste vorgedrungen ist. In den Tropen sind einige der Bohrassel verwandte Arten bekannt geworden, so an der Küste Brasiliens Sphaeroma terebrans und an der Küste Vorder-Indiens, besonders in Madras, Sphaeroma vastator.

Abb. 139 c. Puppe der Zuckmücke.

Von den zahlreichen im Wasser lebenden Insektenlarven hat sich als Holzzerstörer nur eine bisher bemerkbar gemacht, und zwar die Larve der Zuckmücke (Abb. 139), die in einigen Seen in der Nähe von Berlin (z. B. in der Krummen Lanke bei Biesenthal) das Holz der Fischerkähne

Abb. 139 d. Chironomus (Zuckmückenlarve). Nat. Gr.

angegriffen hat[1]). Die Gänge liegen an der Oberfläche und das Fraßbild erinnert an das der Bohrassel. Im Vergleich zu den Zerstörungen der übrigen Unterwasserbohrer ist der Schaden, den die Zuckmückenlarve anrichtet, nur unbedeutend.

[1]) Nach Mitteilung des Herrn Prof. Dr. Eckstein, Eberswalde, dem ich auch die Abbildungen verdanke.

Zweiter Teil.

Die Konservierung des Holzes.

Von **Dr. Julius Dehnst,**
Direktor der Kgl. Eisenbahn-Versuchsanstalt, Berlin-Schmargendorf,

unter Mitwirkung

von **Dr. Fritz Pfenning**-Berlin-Südende.

A. Vorbehandlung des Holzes.

I. Vorbehandlung im Walde am lebenden Baum.

Eine richtige, zweckentsprechende Konservierung des Holzes hat schon an dem noch im Walde stehenden Holz, an den Bäumen, einzusetzen, ein Gesichtspunkt, der früher vollständig übersehen wurde und erst in neuester Zeit in seiner Wichtigkeit erkannt worden ist. Die hier in Betracht kommenden Schädlinge, die die Bäume befallen, sind Wild, Insekten und holzzerstörende Pilze[1]).

Gegen Wildschaden sucht man sich durch Einbinden der jungen Bäume oder durch Bestreichen derselben mit Kalk, Teer und dgl. zu schützen. Das ist natürlich nur bei Kunstanlagen, nicht im Forstgroßbetriebe möglich. Von größerer Bedeutung ist der Schaden, der durch Insekten an den Bäumen, unmittelbar und mittelbar, entstehen kann. Käfer und ihre Larven zerstören die Rinde und schaffen so Eingangspforten für Pilzsporen, während Raupen dadurch, daß sie die Blätter abfressen, einmal in den verletzten Blätterstielen ebenfalls den Pilzsporen Zutritt schaffen, während andererseits der Baum, seiner Atmungs- und Ernährungsorgane beraubt, krank und schwächlich wird. In diesem Zustand kann er viel leichter von Schädlingen angefallen werden, als im gesunden, kräftigen Zustande. Gegen Käfer und Raupen schützt man die Bäume dadurch, daß man an ihnen Gürtel anbringt, die mit einer Klebemasse versehen sind und das Emporkriechen dieser Schädlinge am Stamme verhindern, auch dadurch, daß man die dem Baumstamme zunächst liegende blatt- und nadelreiche Erde, in der sich Käfer, Raupen

[1]) Vgl. erster Teil: B „Zerstörung des Holzes durch Pilze und Tiere".

und deren Larven am häufigsten aufhalten und überwintern, von Zeit zu Zeit entfernt und verbrennt. Das Hauptaugenmerk bei der Konservierung des Holzes aber ist schon im Walde auf die Schutzmaßregeln gegen die grimmigsten Feinde, die holzzerstörenden Pilze, zu richten, welche, wenn nicht rechtzeitig entdeckt und bekämpft, gewöhnlich große Schäden und Verwüstungen herbeiführen.

Die holzzerstörenden Pilze können auf zwei Wegen die Bäume befallen; einmal dadurch, daß die in der Luft schwebenden Pilzsporen eine freiliegende, durch irgendeine Verletzung von Rinde und Bast befreite Stelle des Baumes treffen und sich dort ansiedeln, dann aber auch dadurch, daß sie durch die Wurzeln in den Baum eindringen. Da nun kranke und schwächliche Bäume den Pilzen wesentlich geringeren Widerstand entgegensetzen als gesunde Bäume, so sollte es erster Grundsatz sein, daß kranke Bäume sofort gefällt und entfernt werden, denn nicht nur dadurch, daß sie über kurz oder lang von Pilzen befallen werden, entsteht Schaden, sondern weit mehr dadurch, daß solche befallenen Bäume Brutherde für Pilze sind und damit den Ausgangspunkt für weitere Zerstörung des Baumbestandes bilden.

Ein typisches Bild dafür, welch unermeßlicher Schaden durch die Außerachtlassung dieser Vorsichtsmaßregel entstehen kann, bieten die Verwüstungen in der Letzlinger Heide. Dort fand im Jahre 1903 ein Raupenfraß in ausgedehntem Maße statt, und die von den Raupen ihrer Nadeln beraubten Bäume wurden sehr rasch von Pilzen befallen. Dadurch, daß nun die befallenen Bäume nicht sofort gefällt und entfernt worden waren, hatten sich riesige Brutherde gebildet, von denen aus die Zerstörung des Holzes durch Pilze und andere Schädlinge nach allen Richtungen mit Macht einsetzte und einen Schaden verursachte, der in seiner wahren Größe erst nach Jahren durch die vorzeitige vollständige Zerstörung des Holzes aus diesem Raupenfraßgebiete erkannt worden ist. Wären die entnadelten Bäume sofort geschlagen und aus dem Walde entfernt worden, so wäre der Schaden nie in dem Umfang eingetreten.

II. Vorbehandlung bei und nach der Fällung.

Mit derselben, sogar noch größeren Aufmerksamkeit, wie bei den lebenden, noch im Safte stehenden Bäumen, muß das geschlagene Holz im Walde beobachtet werden, weil dieses mit seinen großen Wundflächen der Pilzinfektion in besonders hohem Maße ausgesetzt ist und in frisch geschlagenem, noch nicht getrocknetem Zustand den für das Wachstum der Pilze günstigsten Feuchtigkeitsgrad besitzt.

Früher war die Meinung allgemein verbreitet, daß der Zeitpunkt des Fällens des Holzes von größtem Einfluß darauf sei, ob das Holz mehr oder weniger leicht von Pilzen angegriffen und zerstört werde, und es galt als Regel, daß das Holz im „Wadel" d. h. in der Zeit zwischen dem Spätherbst und dem ersten Frühjahr geschlagen werden müsse. Versuche, die an der Königlichen Forstakademie in Eberswalde angestellt wurden, um diese Regel auf ihre Gültigkeit zu prüfen, haben ergeben, daß in der Widerstandsfähigkeit gegen Pilze zwischen einem im Winter geschlagenen

und einem im Frühjahr oder Sommer geschlagenen Holze kein nennenswerter Unterschied, bei sonst gleich guter Behandlung bestehe, doch legen auch heute noch einige Forscher der Fällzeit große Bedeutung bei. G. Lang[1]) ist der Ansicht, „daß die günstigste Fällzeit diejenige ist, in der das Holz keine Stärke mehr enthält, sondern diese in Fett übergegangen ist. Bei den Nadelhölzern und den weichen Laubhölzern ist dies im Winter der Fall, während bei Buche und Eiche diese Zeit in den Sommer fällt, nur sehr kurz ist und jährlich wechselt. Aus dem zur Unzeit gefällten Holz müßte die Stärke durch Flößen ausgelaugt werden. Auch durch Ringeln der Bäume, längere Zeit vor dem Fällen, könnte die Stärke künstlich entfernt werden."

Die beste Maßregel, um frisch geschlagenes Holz den Pilz- und Insektenangriffen zu entziehen, ist, dasselbe sofort aus dem Walde, wo die Infektionsgefahr wegen des am Boden modernden, mit Pilzsporen durchsetzten Laubes, Mooses, sowie der Rinden- und Holzstücke am größten ist, zu entfernen; doch ist diese Maßregel aus praktischen und ökonomischen Gründen nicht immer durchführbar. Ist man gezwungen, frisch geschlagenes Holz im Walde lagern zu lassen, so ist da wieder die beste Vorbeugung gegen Pilzangriffe, daß man dem Holz seinen natürlichen Schutz, die Rinde, beläßt und die Schnittflächen gegen das Einwandern von Pilzen durch einen Anstrich mit einem geeigneten Antiseptikum, wie Teeröl oder Chlorzink, schützt. Läßt man dabei den Laubbäumen noch ihre Zweige und ihr Laub, so bilden die Blätter eine große Verdunstungsfläche, die dem Stamm einen Teil seines Wassergehaltes entzieht, ihn austrocknet und damit seine Widerstandsfähigkeit gegen Pilze erhöht. Holz, das bei seiner Verwendung nur in verhältnismäßig kleinen Abschnitten gebraucht wird, wie z. B. Eisenbahnschwellen, wird man zur Ersparung von unnötigen Transportkosten oft schon im Walde bearbeiten. Derartig bearbeitetes Holz bietet naturgemäß den Pilzen eine unverhältnismäßig große Angriffsfläche dar und bedingt deshalb besondere Vorsichtsmaßregeln. Können solche Hölzer nicht sofort nach ihrer Zurichtung aus dem Walde abgeführt werden, so muß bei ihrer Stapelung im Walde vor allen Dingen darauf geachtet werden, daß keines der Hölzer ohne Unterlage am Boden liegt und mit dem von Pilzmyzel und Sporen durchsetzten Humus in Berührung kommt. Die Stapel selber müssen luftig aufgebaut sein, so daß die Luft von allen Seiten durchziehen kann und das Holz rasch austrocknet. Ein zu rasches Austrocknen ist allerdings nicht erwünscht, weil dabei das Holz leicht reißt. Als Schutz dagegen benutzt man S-förmig gebogene, eiserne Haken, die in die Hirnflächen der Hölzer eingeschlagen werden, oder eiserne Bolzen, die nahe an den Hirnflächen der Hölzer durch diese hindurchgezogen und durch Schraubenmuttern festgehalten werden oder aber Holzdübel verschiedenster Form (Abb. 140).

Es wurde auch vorgeschlagen, die austrocknenden Schwellen vor dem Reißen dadurch zu schützen, daß von den Hirnseiten der Schwellen

[1]) G. Lang, Das Holz als Baustoff, Zeitschr. f. Arch. u. Ingenieurwes., Wiesbaden 1913, II, 440.

in ihrer Mitte kleine, etwa 15 cm lange und 4 cm dicke Zylinder ausgebohrt werden; das aus den Schwellen verdunstende Wasser sollte hier seinen bequemen Ausgang finden, so daß ein Reißen vermieden würde. Diese Methode hat aber versagt.

Wie der Waldboden für das im Walde lagernde Holz, so bietet außerhalb des Waldes ein schlecht gehaltener Holzlagerplatz eine stete Infektionsgefahr. Von den Holzlager- und Stapelplätzen müssen deshalb stets die bei der Bearbeitung des Holzes entfallenden Rindenteile, Hauspäne, Sägespäne und Sägemehl regelmäßig entfernt und verbrannt werden, eine früher nur selten beachtete Maßnahme. Häufig konnte man auf alten, schlecht gehaltenen Holzlagerplätzen, auf denen diese meist infizierten Abfälle manchmal zwar zu einem Haufen zusammengetragen, aber nicht entfernt worden waren, beobachten, wie Stapel von frischem Holz, die in der Windrichtung zum Abfallhaufen lagen, in ganz

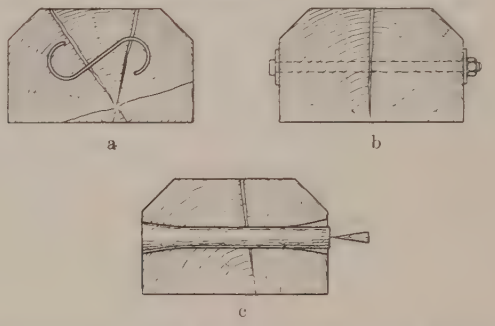


Abb. 140. Sicherung von rohen Buchenschwellen gegen Reißen. a Mittelst S-Haken. b Mittelst Schraubenbolzen. c Mittelst Holzdübel.

kurzer Zeit von Holzzerstörern infiziert waren, während die seitlich und hinter den befallenen Stapeln gelegenen Hölzer vollständig gesund blieben.

Die Art und Form, in der die Stapel des rohen Holzes auf den Lagerplätzen aufgebaut werden, ist von größter Wichtigkeit und muß der Eigenart der einzelnen Holzarten angepaßt sein. Die heute meist angewandte Stapelform, die sich bei den Kgl. Preußischen Staatsbahnen gut bewährt hat, zeigt Abb. 141—143. Je nach Art des Holzes muß die Luftzuführung eine stärkere oder geringere sein, d. h. die Stapel müssen mehr oder weniger luftig aufgebaut werden. Die Luftzufuhr muß so geregelt sein, daß einerseits ein schnelles Trocknen der Hölzer erzielt, andererseits aber ein Reißen derselben möglichst verhindert wird.

Trotz aller dieser Vorsichtsmaßregeln läßt sich aber bei solchen Stämmen ein Reißen doch nicht verhindern, die, abgesehen von äußeren Einflüssen, infolge von inneren Spannungen in höherem Grade dazu neigen. Diese Spannungen sind die Folge eigentümlicher, noch nicht vollkommen bekannter Einflüsse auf das Wachstum der Bäume. Solche Stämme müssen sofort, wenigstens einstweilig, mit S-Haken und wo diese zu

schwach sind, mit Bolzen versehen werden: am besten läßt man solche Stämme ruhig ganz aufreißen und verwendet sie für Zwecke, für welche kleinere Stücke anwendbar sind, wie in der Bürstenfabrikation.

Bei der Abnahme der Hölzer auf dem Lagerplatz, vor allen Dingen bei Buchenholz, ist darauf zu sehen, daß dieselben nicht frisch geschlagen seien. Wenn das doch der Fall ist, müssen sie ein gewisses Übermaß

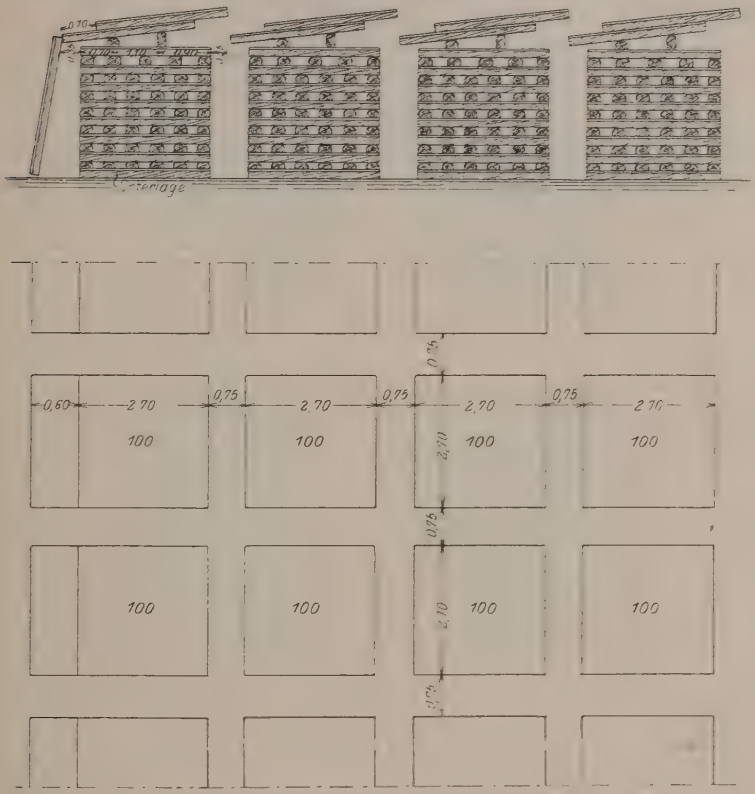
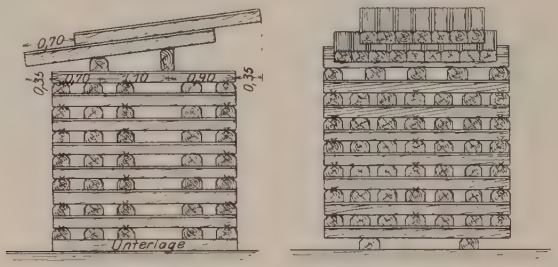


Abb. 141. Stapelung von Buchenschwellen.

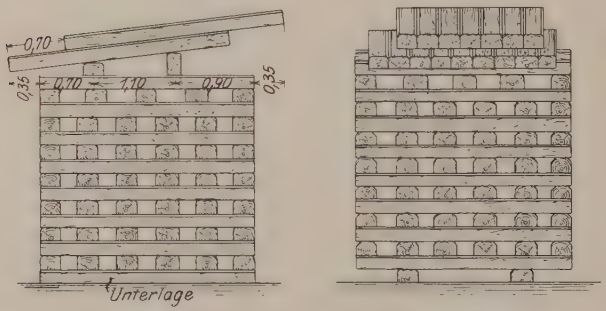
über die vorgeschriebenen Abmessungen haben, weil das frisch geschlagene, saftreiche Buchenholz in der ersten Zeit der Lagerung sehr stark schwindet. Wenn solches Holz bei der Abnahme nur die vorgeschriebenen Maße hat, dann weist es nach kurzer Zeit ein unter den erlaubten Grenzen liegendes Mindermaß auf. Daher empfiehlt es sich, die Hölzer frühestens vier Wochen nach dem Fällen abzunehmen oder falls man gezwungen ist,

ganz frisch geschlagenes Holz anzunehmen, die Abnahme nur unter dem nötigen Vorbehalt zu bewirken. Auch ist bei frisch geschlagenen Buchenschwellen oft nicht zu erkennen, ob und wo sich mit der Zeit größere Risse bilden werden. Es ist also unmöglich, die Hölzer, die in dieser Hinsicht eines Schutzes bedürfen, schon vor dem Stapeln zwecks Anbringens von Haken oder Bolzen auszusuchen; diese Sicherungen können erst nach einiger Zeit an den schon in Stapeln liegenden Hölzern



Seitenansicht. Vorderansicht.

Abb. 142. Stapelung nach dem März. Sommermonate. 6 : 6.



Seitenansicht. Vorderansicht.

Abb. 143. Stapelung bis incl. März. Wintermonate. Ständige Stapelung für Seeplätze. 5 : 7.

angebracht werden, was mit wesentlich größerem Aufwand an Zeit und Mühe verbunden, auch nicht immer durchführbar ist.

Buchenholz in Stapel ist gegen grelle Sonnenstrahlen außerordentlich empfindlich. Frisch geschlagene Buchenstapel werden daher durch eine an den Stapel gelehnte Wand von Brettern oder anderen Hölzern vor direkter Sonnenbestrahlung geschützt, wodurch gleichzeitig erreicht wird, daß die Hölzer langsamer austrocknen können, ohne daß ihnen dabei die Luft abgesperrt wird. Bei Buchenholzstapeln ist die, eine gute Luftzufuhr gewährleistende Entfernung der Stapel auf das genaueste

ausprobiert (siehe Abb. 141—143) und muß innegehalten werden, während bei Kiefern- und Eichenholz ein Mehr oder Weniger von Luft keine so große Rolle spielt. Im Winter zur Stapelung gelangende Hölzer verlangen nicht eine so große Sorgfalt, da sie bis zur gefährlichen Zeit schon stark getrocknet sind.

Ebenso wie das Stapeln des Holzes nach bestimmten Regeln und mit großer Aufmerksamkeit geschehen muß, so dürfen weiterhin auch die fertig aufgebauten Stapel keineswegs sich selbst überlassen bleiben, da eine Infektionsgefahr auch für die gestapelten Hölzer weiter besteht: sie trocknen ja nicht auf einmal, sondern erst allmählich. Es ist deshalb unbedingt notwendig, daß die Stapel von Zeit zu Zeit daraufhin untersucht werden, ob irgendwo eine Infektion sich bemerkbar macht. Hierbei vorgefundene Fruchtträger sind mit einem geeigneten antiseptischen Mittel, wie Teeröl oder Chlorzink, zu bestreichen, um wenigstens eine Weiterverbreitung der Pilzwucherungen möglichst zu hindern. Bei Buchenholzstapeln ist das Augenmerk auch auf Risse zu richten. Wo solche stärker auftreten, ist durch einstweiliges Anbringen von S-Haken oder Bolzen einem Weiterreißen der Hölzer zu begegnen.

In nassen Sommern, insbesondere aber an Seeplätzen, wo das Holz naturgemäß nur langsam trocknet, empfiehlt sich beim Aufbau der Stapel folgende Maßregel:

Zwischen den einzelnen Stapeln werden erst breite, freie Zwischenräume von etwas mehr als Stapelbreite gelassen: wenn auf diese Weise der ganze, für die rohen Hölzer bestimmte Lagerplatz belegt ist und in dieser Zeit die errichteten Stapel schon ziemlich getrocknet sind, dann fängt man an, auch die Zwischenräume mit Stapeln zu besetzen. Arbeitet man nun beim Wegholen der Stapel zum Tränken derart, daß man die zuerst errichteten Stapel auch zuerst herausholt, so daß zwischen den später errichteten die freien Zwischenräume entstehen, so wird man auch bei schlechter Witterung noch ein für die Tränkung genügendes Austrocknen des Holzes erreichen.

Noch schwieriger als bei frisch geschlagenem Holz ist die Erkennung von Fehlern bei frisch geflößtem Holz. Solche Hölzer sind oft derart mit Schlamm und Schlick bedeckt, daß Schäden, wie z. B. Ringschäligkeit, Kernfäule, faule Äste, nicht zu erkennen sind. Bei frisch geflößten Hölzern empfiehlt es sich, dies nur unter Vorbehalt abzunehmen und die endgültige Abnahme erst dann folgen zu lassen, wenn das Holz einigermaßen getrocknet ist.

Eine Erscheinung, der bei der Abnahme der Hölzer oft eine zu große, manchmal aber auch eine zu geringe Bedeutung geschenkt wird, ist die Verblauung des Holzes. Namentlich bei Kiefern, die bei nassem Wetter geschlagen und verarbeitet wurden, tritt eine Verblauung oft nach ganz kurzer Zeit auf. Es ist dies die Folge einer Infektion des Holzes durch die Sporen des Pilzes „Cerotostoma pilifera". Diese Pilzsporen keimen leicht, das Myzel wächst schnell in radialer Richtung in das Holz, dieses dabei bläulich färbend[1]). Es wäre aber verkehrt, solche Hölzer von der

[1]) Vgl. erster Teil: A „Aufbau des Holzes", Schluß.

Abnahme ganz auszuschließen, denn wenn derartige Hölzer rasch getrocknet und getränkt werden, wo wird der Blaufäule-Pilz abgetötet; die Hölzer lassen sich noch, wenn auch schwerer und mit größerem Aufwande von Tränkungsstoff wie normales weißes Holz, imprägnieren und sind durch den Befall von Blaufäule in ihrer Festigkeit in den ersten Stadien des Wachstums des Pilzes noch nicht beeinträchtigt.

Ist rasche Trocknung und Tränkung solcher Hölzer aber nicht ausführbar, und bleiben sie noch längere Zeit in rohem Zustande, dann wächst der Blaufäule-Pilz in kurzer Zeit zusehends und das angeblaute Holz wird „stark blau". Solches Holz läßt sich auch nach dem Trocknen nur schwer und unvollständig tränken und ist in seiner Festigkeit beeinträchtigt. Ungetränkt wird es in kurzer Zeit unbrauchbar, besonders wenn, abgesehen von der Blaufäule, es, wie z. B. das Raupenfraßholz, nicht ganz normaler Herkunft ist. Man würde also unter derartigen Verhältnissen besser tun, solche nassen, stark verblauten Hölzer von der Abnahme auszuschließen oder doch nur zu einem Minderpreis anzunehmen.

Bei geflößten Hölzern ist vor dem Stapeln darauf zu sehen, daß die zum Zusammenhalten der Flöße eingeschlagenen Nägel ausgezogen werden; durch Unterlassung dieser Maßregel kann das Hantieren mit solchen Hölzern leicht Verletzungen der Arbeiter zur Folge haben, andererseits können die Nägel den Holzbearbeitungsmaschinen außerordentlich gefährlich werden. Ein aus Gründen der Bequemlichkeit häufig erfolgendes Tiefereinschlagen der Nägel anstatt des Ausziehens, darf unter keinen Umständen geduldet werden. Der an geflößten Hölzern sitzende Schlamm und Schlick muß vor der Spalung noch im Wasser abgewaschen werden. Läßt man ihn erst antrocknen, so bildet dieser Schlamm eine vollkommen feste und dichte Schicht, die die Poren des Holzes verschmiert und verstopft, den Zutritt der Luft und den Austritt verdunstenden Wassers absperrt; das Holz trocknet nicht und das Eindringen einer Imprägnierflüssigkeit ist zur Unmöglichkeit gemacht. Bei geflößtem Langholz, bei dem der Eintritt der Tränkungsflüssigkeit nicht nur von den Hirnflächen aus, sondern auch von den Seiten aus erfolgt, empfiehlt es sich, solches nicht nur zu waschen, sondern auch zu schälen und vollständig vom Bast und dem ersten Jahresring zu befreien.

Vor der Imprägnierung hat auch eine etwa notwendige Bearbeitung der Hölzer zu erfolgen, so namentlich das Hobeln der Eisenbahnschwellen. Die Hobelmaschinen bestehen im wesentlichen aus sehr rasch rotierenden Wellen, die mit scharf geschliffenen Messern besetzt sind, über die die Hölzer in geeigneter Weise fortgeführt werden. Das Bohren der Schwellen sollte ebenfalls zweckdienlich vor der Imprägnierung erfolgen, damit nachher die Imprägnierflüssigkeit in die Bohrlöcher und von da in das die Bohrlöcher umgebende Holz, namentlich in das schwer durchtränkbare Kernholz eindringen kann. Gegen das Bohren vor der Tränkung liegen zwar folgende Gründe vor:

Bei denjenigen Schwellen, die später in Kurven verlegt werden, ist der Abstand zwischen den Bohrlöchern ein wechselnder und von dem Bohrlöcherabstand derjenigen Schwellen, die in die Gerade verlegt werden,

verschiedener. Werden die Schwellen nun schon vor der Imprägnierung gebohrt, so können sie nachher leicht verwechselt werden, was bei einer Bohrung an Ort und Stelle beim Verlegen der Schwellen ausgeschlossen bleibt. Immerhin aber würde es sich empfehlen, alle diejenigen Schwellen, die später in die gerade Strecke eingebaut werden, und auch die Kurvenschwellen, wenigstens an einer Seite vor der Tränkung zu bohren, so daß allen diesen Löchern der Vorzug der Tränkung noch zugute kommt und bei der Verlegung nur noch die einseitige Bohrung der Kurven-Schwellen notwendig wird. Diese nach der Tränkung gebohrten Löcher müssen dann nachträglich mit heißem Teeröl ausgegossen werden.

In feuchten Jahreszeiten geschlagenes Holz oder Holz, das aus Betriebsgründen bald nach der Ablieferung getränkt werden soll, und ferner solches Holz, das auf Lagerplätzen in der Nähe der See gestapelt war und noch feucht zur Imprägnierung kommt, läßt sich nur schwer und unvollständig imprägnieren, ein Übelstand, der sich namentlich beim Buchenholz bemerkbar macht. Ganz verschieden von solchem noch saftfeuchten Holz verhält sich solches, das schon einmal vollständig ausgetrocknet war und dann wieder naß geworden ist. Dieses läßt sich ebensogut oder noch besser imprägnieren als trockenes Holz; der Grund ist darin zu suchen, daß der Rückstand des ausgetrockneten Holzsaftes und des sonstigen Zellinhalts durch das von außen kommende Wasser nicht mehr oder nur langsam aufquillt, also auch die Poren und Saftgänge im Holz nicht mehr versperrt. Dagegen sind bei saftfeuchtem Holz die einzelnen Teile der Poren (Tüpfel) noch elastisch und verschließen die Zellen gegen eindringende Flüssigkeit mehr oder weniger vollständig.

Um ungenügend getrocknete Hölzer einwandfrei imprägnieren zu können, hat man früher verschiedentlich den Versuch gemacht, sie künstlich zu trocknen. Die dazu benutzten Trockenanlagen bargen infolge mangelhafter Konstruktion oder auch mangelhafter Überwachung große Feuersgefahr in sich, daher ist heute meist die künstliche Trocknung aufgegeben. Ein neuer Ausblick auf diesem Gebiet eröffnet sich mit der heute schon vielerorts angewandten „Heizung mit künstlichem Zug". Die einer derartigen Heizung entströmenden Feuergase können ohne Schwierigkeit unter Anwendung des Gegenstromprinzips zur Trocknung des Holzes verwendet werden. Eine Feuersgefahr ist dabei vollständig ausgeschlossen, da die Temperatur dieser Abgase nur etwa 300° beträgt und nach Belieben durch Mischen mit Frischluft reguliert werden kann.

III. Abnahmebestimmungen der Hölzer.

Unter Berücksichtigung des Vorstehenden sind von der Preußischen Staatsbahnverwaltung nach und nach folgende Bedingungen für die Lieferung von Holz ausgearbeitet worden:

„Die Schwellen müssen aus gesundem, kernigem und festem Holz gefertigt sein, welches weder Wurmfraß, Eisklüfte, faule Astlöcher und Windbrüche aufweisen, noch überspänig oder wipfeldürr sein darf, auch frei von Ausspundungen oder eingesetzten Ästen sein muß. Schwel-

len aus blau gewordenem Holze sind von der vertraglichen Lieferung im allgemeinen ausgeschlossen. Die Eisenbahnverwaltung behält sich jedoch vor, bis auf weiteres blau gewordene Schwellen, die im übrigen gesund erscheinen, in geringen Mengen unter Kürzung des Vertragspreises um 50 Pfg. für jede Schwelle in Anrechnung auf die vertragliche Menge zu übernehmen. Ob die Voraussetzungen hierfür vorliegen, unterliegt lediglich der Entscheidung der Eisenbahnverwaltung.

Die Schwellen sind frei von Borke anzuliefern und dürfen keine erheblichen Risse zeigen. Als erhebliche Risse sind alle mit den Jahresringen verlaufenden, sowie radiale Risse anzusehen, welche mehr als 30 cm in die Schwelle hineinreichen: auch geringere radiale Risse machen die Schwellen unannehmbar, wenn sie den ganzen Querschnitt durchsetzen und zugleich an den Schwellenköpfen in einer Anzahl von mehr als drei auftreten. Wenn bei der Abnahme an einzelnen Schwellen, namentlich den buchenen, Anzeichen beginnenden Reißens wahrgenommen werden, so ist der Lieferant verpflichtet, diese Schwellen auf seine Kosten mit Sicherungen gegen weiteres Aufreißen versehen zu lassen. Hierzu sollen 12—15 cm hohe S-Haken aus 2 mm starkem und 3—4 cm breitem Bandeisen keilförmigen Querschnitts oder Tannenholzdübel verwendet werden. (Vgl. Abb. 140.)

Das zu den Schwellen zu verwendende Holz soll in der Zeit vom 1. November bis 1. März, und zwar tunlichst unmittelbar vor dem für die Anlieferung derselben festgesetzten Zeitpunkte gefällt sein: keinenfalls darf das Holz zu eichenen oder kiefernen Schwellen länger als achtzehn Monate, dasjenige zu buchenen Schwellen länger als neun Monate vor der Anlieferung geschlagen sein. Frisch geschnittene Buchenschwellen dürfen erst vier Wochen nach Herstellung zur Abnahme vorgeführt werden. Die buchenen Schwellen müssen sämtlich bis zum 31. Juli jeden Jahres zur Anlieferung kommen.

Alle Schwellen sind rein und frei von erdigen oder schlammigen Bestandteilen zur Anlieferung zu bringen.

Alle Schwellen müssen in den vorgeschriebenen Längen und Stärken winkelrecht mit der Säge geschnitten oder nach allen Richtungen hin gerade beschlagen und an den Köpfen mit der Säge rechtwinklig geschnitten sein. Die Bahn- und Weichenschwellen sollen im allgemeinen gerade sein, bei zehn vom Hundert derselben wird jedoch eine wagerechte Krümmung gestattet, deren Pfeilhöhe bei den Bahnschwellen höchstens 10 cm, bei den Weichenschwellen höchstens 5 cm betragen darf."

Durch Erkenntnis und Beachtung der in Vorstehendem geschilderten Verhältnisse, im besonderen durch die Erfahrungen der chemischen Eisenbahn-Versuchsanstalt in Berlin und die darauf gegründeten Vorschriften, hat sich die Qualität der bei der Eisenbahn-Verwaltung abgenommenen Hölzer in neuerer Zeit ganz wesentlich gehoben. Während früher Abnahme, Imprägnierung usw. des Holzes in der Regel in Händen von Leuten lagen, die man schlechterdings nicht als Fachleute bezeichnen konnte, sind heutzutage mit diesen Funktionen meist Personen betraut, denen die bisherigen Beobachtungen und Erfahrungen aus der Praxis, oder mindestens durch einen Unterrichtskursus in der chemischen Ver-

suchsanstalt, bekannt sind. Kranke Hölzer gelangen heute nur höchst selten zur Abnahme; dies hat zur Folge, daß die Lebensdauer der gesund abgenommenen und sachgemäß imprägnierten Schwellen heute eine weit größere ist als früher und die in früheren Statistiken angeführte Lebensdauer der Schwellen und Maste zurzeit ganz wesentlich überschritten wird. Wie sehr die Lebensdauer durch die Abnahme des Holzes beeinflußt wird, zeigt sich an den Raupenfraßschwellen aus der Letzlinger Heide, von denen nach 5 Jahren die meisten wegen Fäulnis ausgebaut werden mußten. Das statistische und durchschnittliche Lebensalter der Schwellen wird natürlich durch solche Hölzer stark gedrückt.

Der Nutzen der Imprägnierung liegt bei Buchen- und Kiefernholz mit ihrem großen Gehalt an Splint und der damit verbundenen Aufnahmefähigkeit für Imprägnierflüssigkeit ohne weiteres auf der Hand. Weniger offensichtlich dagegen ist, oberflächlich betrachtet, der Nutzen der Imprägnierung von Eichenholz mit seinem nur ganz geringen Gehalt an Splintholz, namentlich bei eichenen Schwellen, die häufig überhaupt nur noch an den Kanten etwas Splint aufweisen. Es ist aber folgende, bisher unbekannte, von der chemischen Versuchsanstalt zuerst festgestellte Tatsache von großer Wichtigkeit. Das Kernholz des Eichenholzes zeigt häufig offene, nicht verkernte, ziemlich weite Wasserbahnen, sowie von außen nicht bemerkbare Wurmlöcher. Diese bilden die günstigsten Eingangspforten für Pilzinfektion; deshalb ist auch die Imprägnierung von Eichenhölzern von sehr wesentlichem Einfluß auf deren Lebensdauer.

B. Konservierungsverfahren.

Die im Vorhergehenden geschilderten Maßnahmen sind durchweg nur Vorbereitungsmaßregeln, denen das Holz vor irgendwelcher chemischen oder physikalischen Behandlung unterworfen wird; sie sind zwar auch in früheren Zeiten schon zur Anwendung gebracht worden, aber ohne daß man sich über ihre Wirkungsweise Aufschluß geben konnte. Diese Maßregeln bieten an sich schon einen gewissen Schutz gegen holzzerstörende Tiere und Pilze und auch gegen das Reißen. Für manche Zwecke, so z. B. für die Verwendung des Holzes in der Tischlerei und im Bauhandwerk, ist ein einfaches, vorsichtiges Trocknen häufig schon vollständig genügend für die für den besonderen Zweck nötige Konservierung des Holzes, wenn dieses sorgfältig ausgewählt ist und bis zu seiner Verwendung nicht zu ungünstigen Verhältnissen ausgesetzt wird. Trifft eine dieser Bedingungen nicht zu, so kann sehr bald Reißen des Holzes, Schwamm usw. auftreten.

Daß man heute in Städten, wie Goslar, Hildesheim u. a. Jahrhunderte alte Fachwerkbauten antrifft, die mit einem für unsere Begriffe geradezu verschwenderischen Aufwand von Holz gebaut sind, und deren Holz heute noch durch und durch kerngesund ist, obwohl zurzeit der Erbauung dieser Häuser noch keinerlei künstliche Konservierungsmethoden bekannt und in Anwendung waren, hat einzig und allein seinen

Grund darin, daß in jenen Zeiten der zur Verfügung stehende Holzvorrat ein ganz unverhältnismäßig größerer war als heute, so daß das zu diesen Bauten verwendete Holz mit außerordentlicher Sorgfalt ausgesucht wurde — krankes oder auch nur verdächtiges Holz wurde zu untergeordneten Bauten und als Brennholz verwendet — und jahrelang im Stapel austrocknen und altern konnte. Bei dem ungleich größeren Bedarf an Holz, der sich heutzutage in der Hauptsache zusammensetzt aus den Anforderungen der Bau-Industrie, der Eisenbahn- und Telegraphen-Verwaltung für den Eisenbahn-Oberbau und für Leitungsmaste, der elektrischen Industrie für Starkstrommaste und des Bergbaus für Grubenhölzer, sowie bei dem heutigen Streben nach Zeitersparnis, ist eine derartig peinliche Auswahl, eine so vollkommene Lufttrocknung und eine langjährige Lagerung des Holzes einfach nicht mehr möglich. Die Folge davon ist, daß ohne künstliche Konservierung sich bald Schäden und Zerstörungen des Holzes zeigen.

Ehe man zu dieser Erkenntnis durchgedrungen war, wurde häufig der Fehler gemacht, daß man die künstliche Konservierung des Holzes als ein Allerweltsheilmittel betrachtete und glaubte, die eingangs erwähnten, bei der Auswahl des Holzes notwendig zu beachtenden Vorsichtsmaßregeln gänzlich außer acht lassen zu dürfen. Da aber selbst mit der besten Konservierungsmethode krankes Holz nicht wieder gesund gemacht werden kann, so blieben die durch die Vernachlässigung der nötigen Vorbereitungsmaßregeln nicht zu vermeidenden Schäden nicht aus. Deshalb wird heute das zu konservierende Holz meist mit großer Sorgfalt ausgesucht, vorbereitet und gestapelt; und der Erfolg einer nachfolgenden sachgemäßen, künstlichen Konservierung gegen früher ist heute als außerordentlich groß zu bezeichnen.

Die Verfahren zum Schutze des Holzes gegen Fäulnis mögen der Übersichtlichkeit halber in drei Gruppen eingeteilt werden.

a) Konservierungsverfahren ohne Anwendung eines antiseptischen Mittels, ohne maschinelle Vorrichtungen.
b) Konservierungsverfahren mit Anwendung eines antiseptischen Mittels, ohne maschinelle Vorrichtungen.
c) Konservierungsverfahren mit antiseptischen Mitteln, unter Anwendung maschineller Einrichtungen.

In diese Gruppen lassen sich, streng genommen, zwar nicht alle Konservierungsverfahren trennen, weil eine große Zahl ihrem Wesen nach nicht nur in eine, sondern in zwei, unter Umständen sogar in alle drei Gruppen gehört; in solchen Fällen ist das Verfahren der Gruppe zugewiesen, der es ihrem Hauptprinzip nach am nächsten steht.

I. Konservierungsverfahren ohne antiseptische Mittel und ohne Anwendung maschineller Vorrichtungen.

1. Das Ankohlen des Holzes.

Bei Pfählen, die mit der Erde in dauernde Verbindung gebracht werden sollen und bei denen erfahrungsgemäß der in der Erde steckende

Teil zuerst durch Fäulnis zerstört wird, sucht man durch Verkohlen der Oberfläche den gefährdeten, unteren Teil vor Fäulnis zu schützen. Dies schon den Römern bekannte Verfahren ist bei Hölzern, die zu untergeordneten Zwecken verwandt werden, wie z. B. Zaunpfählen, Rebpfählen, Hopfenstangen, immerhin von einem gewissen Erfolge begleitet, namentlich wo es sich um Hölzer geringer Abmessungen handelt und die sterilisierende Kraft der bei der Verkohlung wirkenden Wärme noch eine nennenswerte Tiefenwirkung ausübt. Bei stärkeren Hölzern wird, da das Holz ein schlechter Wärmeleiter ist, die relative Tiefenwirkung nur eine äußerst geringe sein, und soweit solche Hölzer nicht vollständig gesund, sondern schon von Pilzen befallen sind, wird die Ausbreitung der nicht abgetöteten Pilze im Innern des Holzes nicht aufgehalten werden. Der Nutzen der Ankohlung ist deshalb häufig ein recht geringer, und dabei liegt in der Anwendung derselben insofern sogar eine gewisse Gefahr, als man vermeint, das Holz geschützt zu haben, während es innerlich schon faul ist.

Ein weiterer Nachteil des Ankohlungsverfahrens liegt darin, daß sich bei seiner Anwendung Risse bilden, die später leicht den von außen kommenden Pilzen als Eingangspforten dienen können.

Bei Anwendung des Verkohlungsverfahrens wirkt übrigens nicht nur die dabei entstehende Wärme sterilisierend, sondern auch die bei der Trockendestillation des Holzes entstehenden Substanzen, wie Essigsäure, Holzteer usw.

2. Das Wässern der Hölzer.

Ein anderes Schutzverfahren baut sich auf der Beobachtung auf, daß Hölzer, die viele Jahre im Wasser gelegen haben, oft außerordentlich haltbar sind. So hat man Eichenstämme gefunden, die jahrhundertelang in den Mooren der Lüneburger Heide gelegen hatten und bei ihrer Auffindung noch vollständig fest und gesund waren. Man erklärte sich die erhaltende Wirkung des Wassers damit, daß das Wasser aus dem Holz die Protoplasma und Eiweiß enthaltenden Zellsäfte, die die Nahrung für holzzerstörende Pilze bilden können, auslaugt. Im Verfolg dieser Erklärung suchte man Holz durch künstliche Auslaugung vermittelst Wasser zu konservieren. Man hatte mit dieser Methode anscheinend auch wirkliche Erfolge, aber auch hier, wie bei der Ankohlungsmethode nur bei wirklich gesunden Hölzern. Bei kranken Hölzern wurde durch die große Menge aufgesaugten Wassers das Pilzwachstum nur so lange aufgehalten, als die Hölzer voll Wasser waren; bei dem folgenden Austrocknen des Holzes wurde aber bald der für das Pilzwachstum günstige Feuchtigkeitsgrad erreicht und damit setzte die holzzerstörende Tätigkeit der Pilze wieder ein, das Holz verfiel schnell der Zerstörung. Interessant und wichtig für diese Erklärung ist folgender Versuch: Eine größere Anzahl Buchenschwellen mit rotem Kern waren während $1^1/_2$jährigen Liegens im fließenden Wasser vollständig von diesem durchdrungen und dabei war ausgelaugt, was überhaupt auszulaugen war. Der im roten Kern enthaltene Schutzgummi war aufgequollen, die vorher durch den Gummi eingeschlos-

senen Pilze des roten Kerns waren frei geworden und konnten, sobald die Schwellen an der Luft angetrocknet waren, nunmehr ungehindert in das gesunde Holz eindringen. Die Folge davon war, daß die Zerstörung bei diesen Schwellen unverhältnismäßig rascher vor sich ging als bei nicht gewässerten Schwellen, sie waren in einem Jahre vollkommen zerstört.

Längere Zeit geflößte Hölzer, wie sie aus dem Ausland zu uns kommen, sind dadurch, daß sie monatelang im Wasser lagen, entgegen vielfach ausgesprochener Meinung, keinesfalls auch nur schwach konserviert. Im Gegenteil wirkt das Flößen des Holzes auf dasselbe insofern ungünstig, als Holz, das monatelang im Wasser gelegen hat, äußerlich derart verändert ist, daß gesundes von krankem nicht mehr oder nur schwer zu unterscheiden ist. Das Wässern des Holzes kann wohl einen Schutz gegen Reißen, Werfen und Schwinden, nicht aber gegen Fäulnis bieten.

3. Das Kochen und Dämpfen des Holzes.

Ein weiteres Konservierungsverfahren, das sich sowohl gegen die Zerstörung des Holzes durch Pilze, wie auch gegen das Reißen desselben richtet, ist das Behandeln desselben in kochendem Wasser. Die beste und dem Holze zuträglichste Methode, um dem Reißen des Holzes zu begegnen, ist, wie schon an anderer Stelle bemerkt, das langsame Austrocknen desselben an der Luft. Da aber dieser Austrocknungsprozeß oft viele Jahre in Anspruch nimmt, bis ein Beharrungszustand im Holz eingetreten ist, hat man versucht, diesen Zustand durch Behandeln des Holzes in kochendem Wasser mit folgender künstlicher Trocknung schneller herbeizuführen, eine Methode, die heute, namentlich in der Tischlerei, zur Anwendung kommt. Besonders bei Behandlung von Eichenholz erreicht man auf diese Art, daß Reißen, Werfen und Schwinden des Holzes nicht mehr auftritt. Doch ist dieses Verfahren nur im kleinen und bei wertvollem Holze anwendbar, da es bei größeren Mengen viel zu teuer wird.

Auch durch Dämpfen hat man versucht, Holz zu konservieren, da man der Meinung war, daß bei dieser Behandlung die Saftbestandteile des Holzes herausgelöst würden und damit das Holz gegen Fäulnis geschützt sei. Versuche der preußischen „chemischen Eisenbahn-Versuchsanstalt" haben ergeben, daß bei mehrstündiger Behandlung nicht zerkleinerten Holzes in Dampf von $1^1/_2$—2 Atmosphären Spannung höchstens $2\,^0/_0$ der durch langes Auskochen (des zerkleinerten Holzes) ausziehbaren Stoffe ausgezogen werden können, und auch das nicht gänzlich ohne Schädigung des Holzes. Ein nennenswertes Ausziehen der Saftbestandteile aus dem Holze findet durch Dämpfen also nicht statt, wohl aber durch längeres Auskochen mit Wasser, und zwar hier je nach der Größe der Holzstücke in mehr oder weniger vollkommener Weise.

Da das Holz ein schlechter Wärmeleiter ist, kann der Dampf im allgemeinen auch nicht das Holz sterilisieren. Bei dahingehenden Versuchen ergab sich, daß nach vierstündigem Dämpfen bei einem Dampfdruck von $1^1/_2$—2 Atm. die Temperatur im Innern der so behandelten Hölzer, die

eine Seitenfläche von 20—25 cm aufwiesen, nicht einmal 60° C erreicht hatte. Die Behandlung von Holz mit Dampf darf nur mit allergrößter Vorsicht ausgeführt werden, weil die Struktur des Holzes schon bei einem Dampfdruck von 1 Atm. merklich verändert wird und die Festigkeit leidet. Dasselbe trifft auch für das Behandeln des Holzes mit heißem Wasser zu, denn Versuche haben gezeigt, daß mit Wasser von 125° unter Druck behandeltes Holz nach dem Trocknen bald in Fasern zerfällt. Man hat deshalb das Dämpfen großer Hölzer zu Konservierungszwecken in Fachkreisen fallen gelassen.

Allerdings ist die Anwendung von Hitze auf Holz für gewisse Verwendungszwecke von Vorteil. So werden z. B. die bekannten Wiener Möbel aus Buchenholz hergestellt, das unter Beachtung der gebotenen Vorsichtsmaßregeln durch Dampf erhitzt, in heißem Zustande gebogen und dann abgekühlt wird. Ferner werden große Mengen Eichenholz durch Auskochen von Saftbestandteilen befreit und durch darauf folgendes Trocknen in verhältnismäßig kurzer Zeit so „gealtert", daß es z. B. zur Parkettfußbodenfabrikation verwendet werden kann. Endlich werden auch große Mengen von Holz, besonders Buchenholz, mit Wasser, dem häufig auch noch Chemikalien, wie Soda oder Natronlauge zugesetzt sind, unter Druck gekocht, um das Holz nach dem Trocknen zu Möbeln zu verarbeiten. Bei letzterem Verfahren wird allerdings auch das Gefüge des Holzes in weitgehendem Maße verändert, aber für gewisse Zwecke, wie zur Möbel- und Fußbodenfabrikation wird es in höherem Maße brauchbar. In jedem Fall muß die Erwärmung des Holzes in so kleinen Stücken und so vorsichtig ausgeführt werden, wie es in der Imprägniertechnik im Großen nicht durchgeführt werden kann. Unter allen Umständen ist die Anwendung höherer Hitzegrade, mit oder ohne Zuhilfenahme von Gasen, Dämpfen, Wasser und Chemikalien, in der Imprägniertechnik bedenklich.

Konservierungsmethoden ohne Anwendung eines Antiseptikums können hiernach nur geringen Erfolg haben, weil einmal die im Holz vorhandenen Pilze dabei nicht abgetötet werden und nach Ablauf einiger Zeit wieder aufleben könnnen, und weil ferner durch Bildung von Rissen, Eingangspforten für neu von außen kommende Pilze und Sporen gebildet werden.

4. Anstriche des Holzes.

Bei Hölzern, die nur zwecks äußerer Verschönerung mit Anstrichen versehen wurden, hat man beobachtet, daß dadurch unter bestimmten Verhältnissen ein erheblicher Schutz gegen Zerstörung durch Pilze erzielt wird. So findet man z. B. in alten ägyptischen Gräbern heute noch Särge, die mit einer Art von Lack angestrichen sind und deren Holz nach Jahrtausenden noch fast unverändert ist. Dabei darf nun allerdings nicht vergessen werden, daß außer dem Anstrich auch die in den ägyptischen Gräbern herrschende, das Wachstum von Pilzen hindernde, trockene Luft und die mangelnde Luftzirkulation eine konservierende Rolle gespielt haben. Immerhin kann man von einer Konservierungsmethode des Holzes durch Anstriche reden und das Anstreichen völlig

gesunden Holzes mit geeigneten Anstrichmitteln erfüllt tatsächlich in vielen Fällen seinen Zweck, für Tischlerwaren läßt sich kaum eine zweckentsprechendere Konservierungsmethode denken, weil diese Waren meist zum Zwecke der Verschönerung Anstrich erhalten und dieser die nur in gedeckten, trockenen Räumen befindlichen Waren gegen das Eindringen von Pilzen schützt. Die in der Tischlerei verwendeten Anstrichmittel sind entweder Firnisse aus Leinöl oder ähnlichen Stoffen, oder aber Lacke bzw. Gemische von diesen beiden mit oder ohne Füllstoffe. Als solche werden gefärbte und ungefärbte Stoffe aus dem Mineralreich oder auch künstlich hergestellte Stoffe organischer oder anorganischer Natur verwendet.

II. Konservierungsverfahren mit Anwendung eines antiseptischen Mittels, ohne Anwendung maschineller Vorrichtungen.

1. Anstriche.

Als Anstrichmittel für Holz, das in größeren Massen und größeren Abmessungen im Freien verwendet werden soll, hat man billigere Stoffe, wie z. B. Teer bzw. aus diesem gewonnene Öle gebraucht. Die Anwendung solcher Stoffe hat eine große Verbreitung. Ein Anstrich mit Teer ist allerdings seiner schwarzen und unfreundlichen Farbe wegen und auch aus anderen, später noch zu besprechenden Gründen nicht sehr beliebt. Weniger unschön als Anstriche wirken die aus Teer gewonnenen Öle. Bei dieser Art der Holzkonservierung hat sich gezeigt, daß Öle nur dann einen wirtschaftlichen Erfolg versprechen, wenn sie bei genügender Dünnflüssigkeit möglichst schwer verdunstbar sind und möglichst viel bitumenartige Stoffe gelöst enthalten; diese Forderungen erfüllen verschiedene Sorten Karbolineum. Das am meisten zur Anwendung kommende Karbolineum ist ein hochsiedendes Teerdestillat, das noch durch Einlösen von Steinkohlenteerbitumen verbessert werden kann.

Im Freien ist der Erfolg eines solchen oberflächlichen Anstriches nur ein zeitlich beschränkter, ganz besonders bei dicht gewachsenem Holz, weil alle Anstrichmittel nur in geringe Tiefen des Holzes eindringen können, also nur verhältnismäßig geringen Schutz gewähren.

2. Einbohren von Löchern in das Holz und Anfüllen derselben mit Antiseptizis.

Da die, nur an der Oberfläche wirkenden Anstriche als Schutzmittel für im Freien stehende Hölzer nicht genügen, suchte man nach Verfahren, die auch das Innere der Hölzer zu schützen vermöchten. Das Anbohren des Holzes und Auffüllen des Loches mit einem Schutzstoff schien ein solcher Weg zu sein, auf dem sich billig und einfach eine wirksame Konservierung erzielen ließ. Von dem Loche aus, so meinte man, würde sich der Schutzstoff bald auf das ganze umliegende Holz verteilen. War alles aufgesogen, so sollte das Loch von

neuem gefüllt werden, und das so lange wiederholt werden, bis das Holz gesättigt sei. Das Urbild dieser Verfahren beschreibt uns Plinius. Nach seinem Gewährsmann Nucianus wurde das berühmte Standbild der Diana zu Ephesus durch eine große Zahl feiner Löcher aus einem hochliegenden Gefäß andauernd mit Nardenöl getränkt. Nach ihm arbeitete auf diese Weise Dr. Hales (1756). Er hatte in Amerika ein Verfahren kennen gelernt, die Masten von Schiffen an der Spitze auszuhöhlen und die Höhlung mit Öl anzufüllen. Ähnlich machte er es nun mit den Schiff-planken. Bei dem 1774 gebauten Schiff Fame konnte man bei Gelegenheit einer Reparatur erkennen, daß, soweit das Öl eingedrungen war, es auch das Holz vor Fäulnis geschützt hatte. Leider war das Öl aber nicht weit gekommen und daher auch nicht viel vom Holze gesund geblieben. Carey wiederholt dasselbe 1786 mit einem Gemisch von Fichtran, Salz und Kohlenpulver. Im Jahre 1827 erhält Hecker ein österreichisches Privileg. Danach sollen Bauhölzer der ganzen Länge mit Löchern versehen, dann Rauch hindurch geleitet werden, und endlich die Löcher mit einem Gemenge von Gips, Kohlekleie und Eisenvitriol ausgefüllt werden. Ähnliches berichten Pfannenschmidt (1848) und Bernheim (1837). Bleichrodt (1843) vom Holzessig. Oberbaurat v. Bühler schreibt dagegen (1845): „Bei den von innen mit Salz gefüllten senkrechten Verbandstücken wird aber der Schwamm die Außenflächen des Holzes längst überzogen und zerstört haben, ehe und bevor das durch innere Feuchtigkeit aufgelöste Salz bis zu ihm gedrungen ist."

Bühler hat mit diesen Worten die Unzulänglichkeit des Verfahrens genügend gekennzeichnet. Wenn das eingeführte Antiseptikum trocken ist, so ist natürlich gar nicht daran zu denken, daß es sich durch das Holz verteilt. Die geringe Menge Wasser, welche etwa durch Regen an das Holz gelangt, genügt nicht, um eine ausreichende Menge desselben aufzulösen. Nicht viel besser ist die Wirkung, wenn Flüssigkeiten eingeführt werden. Wie man von der Bassintränkung weiß, dringen Lösungen nur bis zu geringer Tiefe ins Holz ein. Bei Löchern, wo doch nur die Lochwandungen die Aufnahme vermitteln können, muß diese auf ein Minimum sinken. Wenn das Loch gar ins Kernholz gebohrt ist, so ist sie gleich Null. Man rechne sich ferner einmal die Flüssigkeitsmenge aus, die das Loch aufnehmen kann. Nehmen wir nach Rittmeyers Vorschlag etwa zwei je 15 cm lange und 25 mm starke Löcher an und geben wir jedem im Laufe der Zeit zehn Füllungen, so macht das erst 1.5 Liter, während eine kleine 7 m lange Telegraphenstange bei einer siebentägigen Tränkung im Bassin schon mindestens 10 Liter aufnimmt. In der Literatur wird das Verfahren von Zeit zu Zeit unter verschiedenen Namen, wie norwegisches oder finnisches Verfahren beschrieben. In der Praxis wird es außer von den Erfindern kaum angewendet. Nur die australische Telegraphenverwaltung benutzt es, aber nicht gegen Schwamm, sondern gegen die Termiten. Hier werden die dicht über dem Boden befindlichen Löcher mit Arsenik angefüllt. Gegen diese zart gebauten Insekten hat sich die primitive Vorrichtung als gut anwendbar erwiesen. Bei Pilzen ist dagegen von einer ähnlichen, über die nächste

Umgebung des Loches hinausreichenden Schutzwirkung nichts zu spüren. Über das Lochen schwer imprägnierbarer Hölzer zur besseren Aufnahme der Imprägnierflüssigkeit siehe unter Teil IV. B: „Stangen und Leitungsmaste."

3. Benutzung des elektrischen Stromes zur Holzkonservierung.

Die ersten Vorschläge zur Benutzung des elektrischen Stromes in der Holzkonservierung im Jahre 1865 geben uns nur unklare Vorstellungen über dessen Wirkungsweise. Eine Theorie versucht erst Nodon im Jahre 1899, indem er sich auf das Gesetz von der Wanderung der Ionen stützt. Daniell hatte beobachtet, daß ein in angesäuertes Wasser getauchtes Quecksilberkügelchen innerhalb einer wagerechten Glasröhre, deren Enden mit den Zuleitungsdrähten einer elektrischen Batterie verbunden sind, unter der Wirkung des Stromes zum positiven Pol wandert. In ähnlicher Weise wandert bei Durchleitung von Strom durch eine Lösung von Kupfervitriol das Kupfer zur Kathode (Reindarstellung des Elektrolytkupfers). Nodon glaubt nun, daß in gleicher Weise der Strom auch aus passend gewählten Lösungen die Salze durch Holz zu transportieren und darin abzulagern vermöge. Als Salze nahm er Magnesiumsulfat oder Zinksulfat. Die Einwirkung eines Stromes von 110 Volt und 6 Ampères während 7—14 Stunden Dauer sollte für einen Kubikmeter Holz ausreichen. Nach Nodon sollen sich dabei folgende Prozesse abwickeln:

1. Ein Teil des Salzes dringt durch „Elektrokapillarität" in die saftfreien Holzzellen ein. 2. Durch die Elektrizität findet ein osmotischer Austausch zwischen den salzigen Bestandteilen des Holzsaftes und dem Salz in der Lösung statt. 3. Die im Holz enthaltenen Keime usw. werden durch den Strom abgetötet. 4. Die Salze im Holzsafte und in der Lösung werden zersetzt und auf der Holzfaser niedergeschlagen.

Von einem anderen Erfinder wird dagegen erklärt, daß der Strom das im Meerwasser enthaltene Kochsalz spalte und daß der freiwerdende Chlor die das Holz angreifenden Tiere töte. Aber wenn es wirklich gelingen sollte, solche Tiere abzutöten, was wird damit gewonnen? Man kann doch nicht ewig auf das Bauholz einen derartig hohen Strom einwirken lassen, wie er nötig ist, um auf diese niederen Organismen tödliche Wirkungen auszuüben.

Ferner sollen die Eiweißteile des Holzes gerinnen, die Salze der Lösung bis in die Mitte des Holzes dringen usw. Auf alle Fälle ein recht verlockendes Bild, welches der Erfinder unseren Augen vorführt. Leider sind die mitgeteilten Analysen und Versuchsergebnisse so ungenau, daß es nicht möglich ist, sie nachzuprüfen. Auch ist nichts über die Holzart und die Größe der Stücke angegeben, mit denen die Versuche angestellt wurden. Warum und wie gerade der elektrische Strom Salze besser durch das Holz treiben soll, als es hydraulischer Druck tut, ist auch nicht klar. Die Salze passieren doch immer in gelöstem, also sehr fein verteiltem Zu-

stande, die Membran; mithin müssen diese Partikelchen kleiner sein, als die Zwischenräume der Membranen. Bis jetzt ist aber noch nicht festgestellt worden, daß diese Salzpartikel etwa durch den Strom kleiner werden und damit besser durch die Membranhäute diffundieren können. Bei Verwendung von Magnesiumsulfat ist den Beobachtungsfehlern Tür und Tor geöffnet, da Magnesiumsalze einen Bestandteil des Holzes selbst bilden und deshalb eine nachträgliche Aufnahme von Magnesiumsalz schwer festzustellen ist. Es fehlen ferner die doch unbedingt notwendigen Vergleichsversuche mit Tränkungen unter genau den gleichen Verhältnissen, aber ohne den elektrischen Strom. Nodon gibt an, daß aus einer 20prozentigen Lösung im Verlaufe von 10 Stunden etwa 0,6 %, das sind 6 kg Salz auf den Kubikmeter Holz, aufgenommen wurden. Hunderte von Beobachtungen bei Bassintränkungen zeigen aber, daß auch ohne den Strom die gleiche Menge aufgenommen wird. Die Fachliteratur bringt zwar in der Zeit von 1899—1907 eine größere Reihe von Artikeln über das Verfahren, aber es ist verwunderlich, daß nicht einer von diesen praktische Ergebnisse mitteilt. Es ist nicht zuviel gesagt, wenn man die Imprägnierung mit Hilfe des elektrischen Stromes als ein von Grund aus verfehltes Verfahren bezeichnet.

Zu diesem Gegenstand sind zwei Patente zur Bekämpfung des Teredo navalis und ähnlicher Tiere bemerkenswert: Schiffe oder Hafenpfähle, in denen sich dieses Tier zeigt, sollen in einen elektrischen Stromkreis eingeschaltet werden. Ob sich die Tiere in ihrer Tätigkeit wirklich dadurch werden stören lassen, ist mindestens zweifelhaft. Holz ist ein sehr schlechter Leiter, das eingesaugte Seewasser mag vielleicht im Splintholz etwas günstigere Bedingungen schaffen, aber der Kern wird kaum genügende Mengen davon bekommen, da ja der Strom immer den Weg des geringsten Widerstandes wählt.

4. Das Eintauchverfahren.

Aus der Erkenntnis heraus, daß ein Anstrich der Oberfläche dem Holze keinen nachhaltigen Schutz gegen Fäulnis zu geben vermag, sind Verfahren ausgebildet, durch die man die Menge der vom Holze aufzunehmenden Tränkflüssigkeit zu vermehren hoffte dadurch, daß man das Holz, statt es einfach mit der Tränkflüssigkeit zu bestreichen, in dieselbe einlegte und längere Zeit darin liegen ließ. Den Anstrichverfahren gegenüber wurde hierdurch ein nennenswerter Vorteil erzielt, aber je nach der Beschaffenheit des Holzes ist auch hier das Eindringen der Tränkflüssigkeit in das Holz noch so wenig tief, daß nur durch großen Zeitaufwand bei ganz besonders hierfür geeigneten Hölzern der gewünschte Erfolg erreicht werden kann. Alle dicht gewachsenen Hölzer eignen sich für dieses Verfahren wenig oder gar nicht, und selbst bei besonders vorsichtiger Behandlung des Holzes vor dem Einlegen in die Tränkflüssigkeit läßt sich nachweisen, daß diese meist nicht viel tiefer als bei einem Anstrich eindringt.

Bei Anwendung der Tränkflüssigkeit in erhitztem Zustande ist bei dem Einlegeverfahren ein besseres Eindringen der Flüssigkeit in das

Holz zu erreichen, aber auch hier wieder versagen besonders dicht gewachsene Hölzer. Diese Verhältnisse sollen später bei den einzelnen Tränkverfahren noch näher behandelt werden.

Hier mögen nur die drei Verfahren von Kruskopf, Ott und Giussani als typische besprochen werden; bei ihnen wird Steinkohlenteer als Imprägnierflüssigkeit und beim letzteren noch nach Belieben wässerige Salzlösung verwendet.

Verfahren von Kruskopf.

Kruskopf bedient sich der in nebenstehender Zeichnung dargestellten Taucheinrichtung, Abb. 144 (deutsches Reichspatent Nr. 145633).

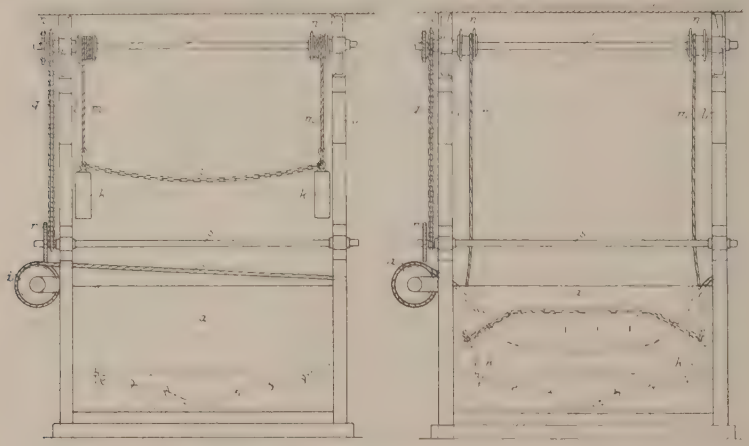


Abb. 144. Taucheinrichtung von Kruskopf.

Bei dieser Ausführungsform werden die Tauchketten i durch Gewichte k belastet und über die auf den Seilen c liegenden Hölzer gelegt. Beim Nachlassen der Seile c durch entsprechende Drehung der Seiltrommeln d werden die Hölzer durch die Wirkung der Ketten i unter den Flüssigkeitsspiegel gezogen.

Die Tauchketten werden in der erforderlichen Anzahl über die ganze Troglänge verteilt angeordnet.

Das Abheben und Niederlassen der an den Enden durch Gewichte belasteten Tauchketten erfolgt zweckmäßig durch eine Vorrichtung, welche gleichmäßige Wirkung aller Ketten verbürgt.

Beim Ausführungsbeispiel hängen die Tauchketten i mit ihren Gewichten k daher an Zugorganen m, deren andere Enden auf Rollen n befestigt sind, welche auf gemeinsamen Wellen o sitzen. Letztere ruhen beispielsweise in Lagern, welche an der Decke des Imprägnierraumes hängen, und erhalten gemeinsamen Antrieb von der Welle s aus, welche

von Hand oder durch Maschinenkraft in Umdrehung versetzt wird. Von der Welle s aus erfolgt dann die Übertragung durch Kettenantrieb r q p auf die vorderste der Winkelrollenwellen o und von dieser aus weiter auf die übrigen, wobei das Übersetzungsverhältnis stets 1 : 1 bleibt, um gleichmäßiges Heben und Senken aller Tauchketten zu erzielen.

Nach der Vorschrift von Kruskopf soll das Holz in das Öl 10—30 Minuten eingetaucht werden. Hierbei werden dicht gewachsene Hölzer

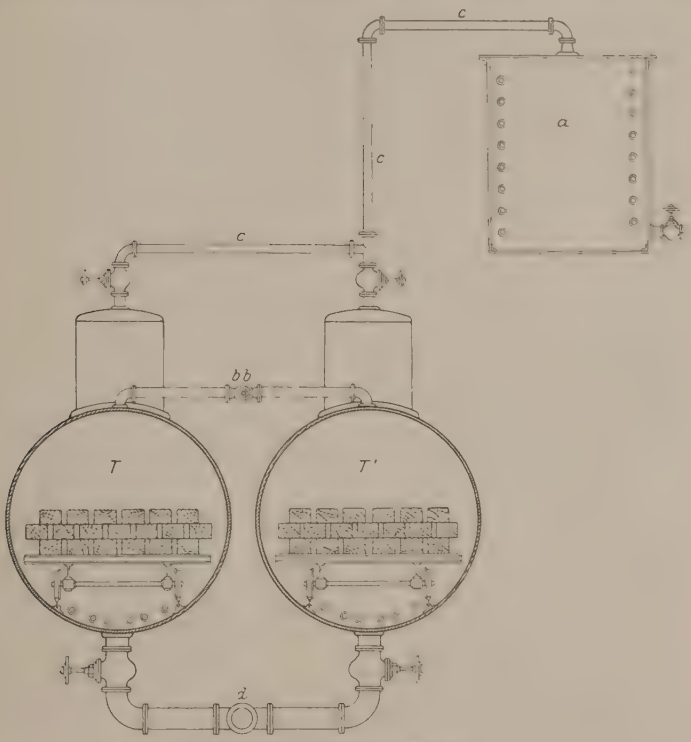


Abb. 145. Apparat von Ott.

kaum nennenswerte Ölmengen aufnehmen, während locker gewachsene und besonders stark ausgetrocknete Hölzer verhältnismäßig viel Tränkungsstoff aufsaugen; Querschnitte durch die getränkten Hölzer zeigen, daß bei Aufnahme selbst großer Ölmengen, welche bei gleichmäßiger Verteilung zu einer Durchtränkung des ganzen Splintes ausreichen würden, nur ein Bruchteil des Splintholzes durchtränkt ist. Der größere Teil des Splintholzes ist vom Öl nicht durchdrungen. Der Erfolg einer

solchen Behandlung ist daher ein außerordentlich wechselnder, weil er der Eigenart des Holzes sich nicht anpassen läßt.

Bei der Betrachtung der beiden anderen Eintauchverfahren von Ott und Giussani werden die Gründe klar gelegt werden, weshalb kein Eintauchverfahren den Ansprüchen einer vollkommenen Durchtränkung der durchtränkbaren Teile des Holzes entsprechen kann.

Bei keinem der einfachen Eintauch-Verfahren spielt der Überdruck eine wesentliche Rolle. Als einzige Kraft, die das Eindringen der Imprägnierflüssigkeit in das Holz bewirkt, kann die Kapillarität angesprochen werden. Dieser wirkt entgegen die Viskosität der Imprägnierflüssigkeiten und es erhellt daraus, daß eine Flüssigkeit nur so tief beim Eintauchverfahren in das Holz eindringen kann, wie es die beiden entgegengesetzten Kräfte und der Zeitaufwand gestatten, die beobachtete Durchdringungstiefe ist deshalb eine sehr geringe. Man hatte nun schon längst erkannt, daß das Produkt aus der Stärkedifferenz der Kapillarität des zu imprägnierenden Holzes und der Viskosität der in Betracht kommenden Tränkungsflüssigkeit einerseits und der Zeit andererseits mit Hilfe von Luftleere oder Druck sich bedeutend erhöhen lasse. Und so versuchten einige Erfinder das Eintauchverfahren auf allerdings sehr einfache Weise zu kombinieren mit der Anwendung von Luftleere und Druck, die aber noch nicht durch besondere Maschinen erzeugt wurden. Das zu tränkende Holz wurde in eine Heizflüssigkeit eingelegt und einige Zeit lang darin belassen. Hierbei wird die im Holz befindliche Luft ausgedehnt und das Wasser teilweise in Dampf verwandelt. Wenn nun die heiße Flüssigkeit ersetzt wird durch kalte, so entsteht durch Abkühlen der Luft und der Wasserdämpfe ein luftverdünnter Raum, in den durch den Atmosphärendruck eine der vorherigen Luftverdünnung entsprechende Flüssigkeitsmenge eingedrückt wird.

Die Verfahren von Ott und von Thomaso Giussani benutzen als Erhitzungsflüssigkeit Teeröl und als Imprägnierflüssigkeit entweder dasselbe Teeröl oder eine wässerige Salzlösung. Diese beiden Verfahren unterscheiden sich nur dadurch, daß Ott in ein und demselben offenen Kessel das Holz mit heißem Teeröl eine Zeit lang behandelt und dann in denselben Kessel von unten kaltes Öl einpumpt und das heiße Öl durch einen Überlauf in einen zweiten Kessel eintreten läßt, während Giussani das Holz ebenfalls mit heißem Teeröl behandelt und dann nach einiger Zeit das so erhitzte Holz aus diesem Bade herausnimmt und in ein kaltes Bad einer beliebigen anderen Flüssigkeit eintaucht. Der Vorzug des letzteren Verfahrens von dem ersteren ist der, daß Giussani verschiedene Tränkungsflüssigkeiten anwenden kann, während Ott Teeröl allein anwenden muß. Bei beiden Verfahren ist aber der Vorgang der gleiche: infolge des Erwärmens der Hölzer wird ein Teil der Luft durch Ausdehnung und ein Teil des Wassergehaltes in Form von Wasserdampf entfernt. Infolge der darauf zur Wirkung kommenden kalten Imprägnierflüssigkeit wird durch die Wirkung der äußeren Atmosphäre eine der vorhergehenden Erwärmung entsprechende Menge von Imprägnierflüssigkeit in die leer gewordenen Hohlräume des Holzes eingedrückt.

Verfahren von Ott.

Der von Ott benutzte Apparat wird durch nebenstehende Skizze erläutert (Abb. 145). Um die Wärme der Heizflüssigkeit auszunutzen, sind in geeigneter Weise zwei Kessel T und T' miteinander verbunden, in denen abwechselnd das Holz erhitzt und getränkt wird, so daß die Erhitzungsflüssigkeit durch Einpressen der kalten Imprägnierflüssigkeit durch das Rohr b in den anderen Kessel verdrängt wird. Die beim Erhitzen entstehenden Gase und Dämpfe werden durch das Rohr c in das Gefäß a gebracht. Der Gang der Operation erklärt sich ohne weiteres aus der Abbildung. Es wird z. B. der Kessel T mit Holz und darauf mit heißem Teeröl gefüllt. Nachdem die Wärme des Öles einige Zeit auf das Holz eingewirkt hat, wird durch die Rohrleitung d kaltes Öl in T eingedrückt und dadurch das heiße Öl aus T in den mittlerweile mit Holz gefüllten Kessel T' gebracht. Nach genügender Einwirkung des kalten Öles auf das Holz wird das Öl aus T durch die Rohrleitung d abgelassen und das Holz ausgefahren. Nachdem T wieder mit frischem Holz beschickt ist, wird der Prozeß in umgekehrter Richtung vorgenommen.

Verfahren von Giussani.

Während bei dem Verfahren von Ott die Behandlung des Holzes in ein und demselben Kessel nacheinander mit heißem und kaltem Öl vorgenommen wird, wendet Giussani hierfür zwei Kessel an, von denen der erste mit heißem Öl, der zweite mit kaltem Öl oder einer anderen kalten Tränkungsflüssigkeit gefüllt ist. Die mit dem rohen Holz gefüllten Behälter werden zunächst in das heiße Öl (Heizflüssigkeit) eingetaucht, alsdann in einen zweiten Kessel gebracht, in dem sich die kalte Tränkungsflüssigkeit befindet. Die Hölzer sollen in jedem der beiden Bäder eine gewisse Zeit eingetaucht bleiben. Das Schema dieser Apparatur ist in der Patentschrift D.R.P. Nr. 151 845 in folgender Weise skizziert:

Abb. 146 veranschaulicht ein Ausführungsbeispiel eines derartigen Apparates in der Ansicht.

Es ist hierbei a der Evakuierungsbehälter, b dagegen der mit der Imprägnierungsflüssigkeit gefüllte Behälter. Über den beiden befindet sich ein auf der Achse c sitzendes Kettenrad d, welches mit einem entsprechend langen Arme versehen ist, an welchem die das Holz f tragende Kette g befestigt ist. Seitlich von dem Rade d ist ein kleineres Kettenrad h drehbar angeordnet, welches gleichfalls mit einem entsprechend langen Arm i und einem auf diesem verstellbar angeordneten Gewicht k in Verbindung steht. Der Antrieb des Rades h kann unter Vermittlung geeigneter Zwischenvorgelege von einer Transmission l, einem Elektromotor oder dgl. erfolgen. Beide Kettenräder d und h stehen durch eine Kette m in Verbindung. Das Übersetzungsverhältnis derselben ist zweckmäßig so gestaltet, daß, wenn sich h einmal umdreht, d eine halbe Umdrehung vollführt hat.

Die Wirkung dieses Apparates ist folgende: Das auf einem Wagen n zugefahrene Holz wird vermittelst eines auf o fahrbar angeordneten Flaschenzuges p gehoben und in den Behälter a gesenkt. Nachdem p

wieder nach der Seite verschoben ist, verbindet man das Holz mit der Tragkette g und stellt das Gegengewicht k entsprechend ein. Die Arme e und i nehmen hierbei die in der Zeichnung angegebene Stellung ein. Ist die Evakuierung des Holzes beendet, dann wird das Rad h in rechtsdrehendem Sinne angetrieben, an welcher Bewegung naturgemäß d teilnehmen muß. Das Gewicht k senkt sich aus der Stellung I in die Stellung II mit der Wirkung, daß auch der Arm e aus der Stellung I in die Stellung II übergeht. Das Herausheben des Holzes geht hierbei, solange dasselbe in der Flüssigkeit schwimmt, leicht vor sich, da dasselbe von der letzteren getragen wird. Je höher das Holz steigt, desto mehr kommt das Gewicht zur Wirkung, aber auch in gleichem Maße steigert sich die Wirkung des

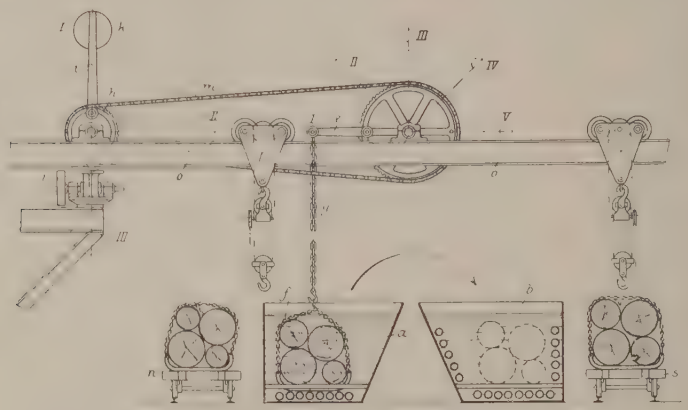


Abb. 146. Hebezeug für Apparate zum Imprägnieren von Holz.

Gewichtes k bei seinem Übergang aus Stellung I in Stellung II, da sein Hebelarm immer größer wird. Wird das Gewicht k aus der Stellung II in die Stellung III bewegt, dann nimmt an dieser Bewegung naturgemäß das aus dem Behälter a herausgehobene Holz teil und gelangt ebenfalls in die Stellung III. Der Hebelarm, an welchem die Gewichte wirken, nimmt in beiden Fällen bis Null ab, d. h. wenn das Gewicht k in die Totpunktstellung III gelangt, dann ist auch das Holz in der Totpunktstellung, mit dem Unterschied zwischen beiden Bewegungen, daß, während k um 180° fortbewegt wurde, e nur eine Bewegung um 90° vollführte. Ist das Holz in die höchste Stellung III gelangt, dann kommt sein Gewicht nach erfolgter Überwindung des toten Punktes zur Wirkung, d. h. das Holz senkt sich selbsttätig in den Imprägnierbehälter b, indem der Arm e nacheinander in die Stellungen IV und V gelangt. Während dieser Bewegung und durch die Gewichtswirkung des Holzes wird das Gewicht k um weitere 180° gedreht, d. h. aus der Stellung III in die Stellung IV und endlich in die Stellung I zurückbewegt. Daraus ist ersichtlich, daß beim Herausheben des Holzes aus dem Behälter a das Gewicht

k auf das Holz, und umgekehrt beim Einführen des Holzes in den Behälter b dieses auf das Gewicht k, eingewirkt hat.

Ist das Holz getränkt, so wird es mittels eines auf o verschiebbaren Flaschenzuges r herausgehoben, auf einen Wagen s geladen und hinweggeführt.

Es ist selbstverständlich, daß an Stelle des Kettenzuges m auch andere Hilfsmittel, wie z. B. Seil, Zahnstangen, Zahngetriebe und dgl. zur Verwendung gelangen können, ohne daß an dem Wesen der Erfindung selbst etwas geändert wird.

Sollen Langhölzer imprägniert werden, dann ist es notwendig, daß mehrere Arme e angeordnet werden, damit das Holz an mehreren Stellen angefaßt werden kann.

Bei dieser Ausführungsform kann also nach Belieben zum Erwärmen und zum Tränken dieselbe Flüssigkeit oder zwei verschiedene gebraucht werden. Eine andere Ausführungsform hat Giussani seinem Verfahren dadurch gegeben, daß er in ein und demselben Kessel zwei verschiedene Flüssigkeiten von verschiedenen spez. Gewichten übereinander schichtet, die sich nicht miteinander mischen, Steinkohlenteer und Chlorzinklösung, nachdem zuvor das Holz in einem anderen Kessel in einer Flüssigkeit mit hohem Siedepunkt erwärmt und damit evakuiert ist. Über die Verfahren von Giussani läßt sich folgendes sagen:

Holz, das mit Öl benetzt ist, läßt sich mit einer wässerigen Flüssigkeit nur unter Anwendung sehr starker Mittel nachtränken. Wenn aber ein mit Öl und darauf mit wässeriger Flüssigkeit behandeltes Holz nochmals mit Öl getränkt werden soll, wie bei der zweiten Ausführungsform von Giussani, so kann von einer weiteren Ölaufnahme in nennenswertem Maße ganz gewiß nicht die Rede sein. Dementsprechend kann die Aufnahme an den verschiedenen Tränkstoffen gar nicht reguliert werden, und bei den geringen hier in Betracht kommenden Kräften nähert sich bei der Anwendung von abwechselnd öligen und wässerigen Flüssigkeiten die Tränkung einem schlechten Anstrich. Bei den später zu erwähnenden Verfahren der Doppeltränkung mit verschiedenen Flüssigkeiten wird gezeigt werden, daß zu nacheinander folgender Imprägnierung von Holz mit wässerigen und öligen Flüssigkeiten ein langdauernder Druck von mindestens 7 Atm. unter Zuhilfenahme von hoher Luftleere (bis 65 cm Quecksilbersäule) erforderlich ist, um gewisse Mengen der verschiedenen Tränkstoffe in das Holz gleichmäßig verteilt einzubringen.

Bei der Besprechung des Dämpfens von Holz ist festgestellt, daß infolge des schlechten Wärmeleitungsvermögens des Holzes Wärme nur außerordentlich langsam in das Holz eindringt und es ist ohne weiteres hieraus zu ersehen, daß die Wirkung aller Eintauchverfahren auch bei Anwendung heißer Flüssigkeiten nur eine sehr beschränkte sein kann.

5. Das Boucherie-Verfahren.

Ein besonderes, eigenartiges Prinzip der Konservierung hat Boucherie angewendet, indem er den Saft frisch geschlagener, saftvoller Hölzer in geeigneter Weise durch die Tränkungsflüssigkeit verdrängt.

Hierbei ist die Tatsache berücksichtigt, daß der Saft im Holz von einer Zelle in die andere sich bewegen kann, sowohl durch die mit Tüpfeln versehenen Tracheiden, wie auch durch die echten Gefäße.

Boucherie verfährt in folgender Weise:

Die frisch geschlagenen, nicht entrindeten Bäume werden horizontal nebeneinander gelegt und die Zopfenden in eine geneigte Rinne eingeführt, welche dazu bestimmt ist, die etwa ausfließende Flüssigkeit zu sammeln; auf die Schnittflächen eines jeden Stammendes wird ein dickes Brett aufgeschraubt und zwischen diesem und der Schnittfläche durch Anziehen der Muttern ein starker Kautschukring eingeklemmt, wodurch eine hinreichend wasserdichte Kammer hergestellt wird. In diese Kammer gelangt die Tränkflüssigkeit durch eine an dem Brett angebrachte, hölzerne Rohrleitung, welche durch eine Kautschukröhre von geringem Durchmesser, aber hinreichender Wandstärke, mit einem langen Kupferrohre in Verbindung steht. Letzteres ist mit einer erforderlichen Anzahl Rohrstutzen versehen, und an einen höher gelegenen, geräumigen Behälter angeschlossen, dessen Höhe über den zu imprägnierenden Stämmen mit dem Widerstand wechselt, den das Holz dem Eindringen der Kupfervitriollösung entgegensetzt. (Abb. 147.)

Dieses Verfahren bedeutet dem Eintauchverfahren gegenüber einen ganz bedeutenden Fortschritt insofern, als es ermöglicht, eine große Menge Tränkungsflüssigkeit in das Holz einzubringen und dieses auch ziemlich gleichmäßig durch den ganzen durchtränkbaren Teil des Holzes, den Splint, zu verteilen.

Bei Anwendung einer geeigneten Flüssigkeit, wozu aber nur wässerige Salzlösungen gewählt werden können, ist somit eine weitgehende, wirksame Konservierung des Holzes gewährleistet. Nachteile des Verfahrens sind, daß man das Holz nur in frisch geschlagenem Zustand, also nur im Walde selbst und auch nur in rohem, unbehandelten Zustand imprägnieren kann. Bei der weiteren Verarbeitung des Holzes, z. B. zu Schwellen, gehen also große Mengen imprägnierten Holzes als Abfall verloren. Es ist deshalb das Boucherie-Verfahren auch nur für Stangen in großem Maßstabe angewendet worden.

Als Imprägniermittel wird bei dem Boucherie-Verfahren ausschließlich Kupfervitriol angewendet. In letzter Zeit ist auch dies Verfahren verlassen, weil man die Überlegenheit des Steinkohlenteeröles als Imprägniermittel gegenüber dem Kupfervirtriol erkannt hat. Mit Teeröl getränkte Stangen wurden früher durch das nach der Tränkung hervorquellende Teeröl oft schmierig; bei dem neueren Verfahren ist das Herausquellen des Teeröls vermieden, so daß die Stangen sauber bleiben[1]).

Was die Verteilung des Tränkungsstoffes angeht, so ist beim Boucherie-Verfahren beobachtet, daß die Flüssigkeit in ein und demselben Stamme die besonders dicht gewachsenen Stellen umgeht. Es ist bekannt, daß z. B. bei Bäumen, die an der Außenseite des Waldes stehen, der Stamm sich exzentrisch entwickelt, indem die dem Wind zugekehrte

[1]) Vgl. Matthäi „die Schwellentränkanstalt Zernsdorf" in Glasers Annalen 1912, Nr. 839, S. 204.

Seite mehr, viel dichtere und feinere Jahresringe aufweist als die dem Wind abgekehrte Seite. Bei dem nur gelinden, von Boucherie ange-

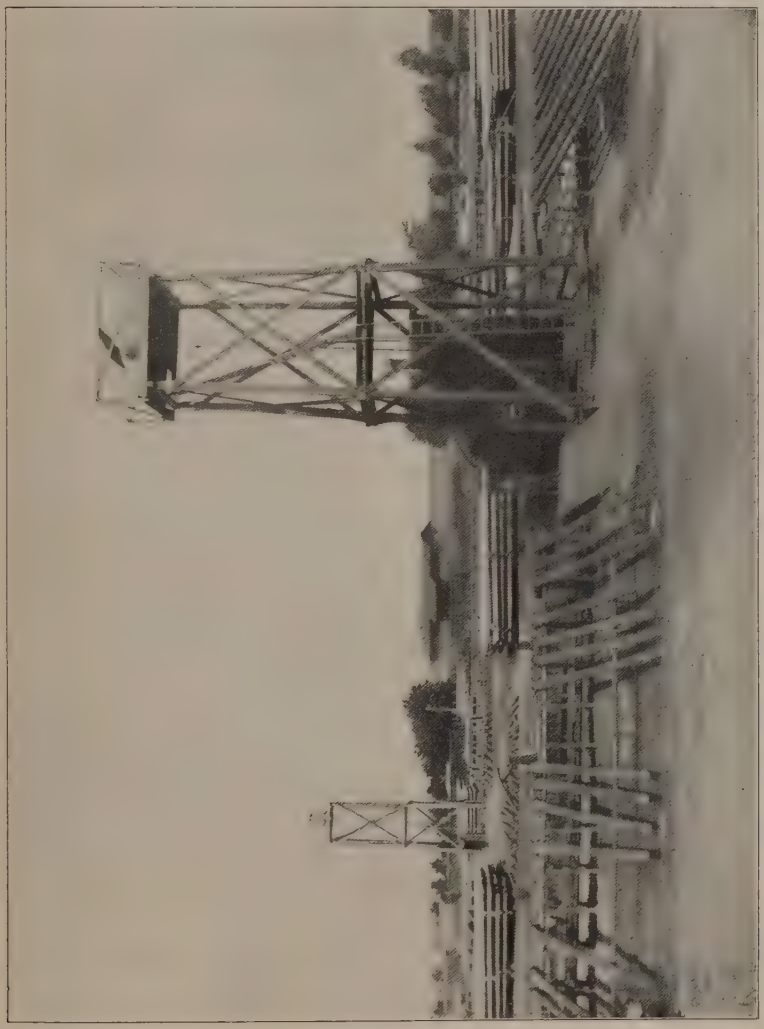


Abb. 147. Ansicht einer Boucherie-Anlage.

wandten Druck gelangt die Imprägnierflüssigkeit nicht in solche dichter gewachsene Stelle des Holzes, sondern sucht sich die bequemeren Bahnen.

Unter den bisher genannten Verfahren ist kein einziges, welches imstande ist, den gesamten durchtränkbaren Teil des Holzes wirklich zu durchtränken. Der Grund hierfür liegt in der Anwendung zu geringer Kräfte. Im großen ganzen spielt bei den besprochenen Verfahren die Kapillarität die Hauptrolle, wozu bei Boucherie noch ein gewisser nicht hoher Druck kommt. Wesentlich besser, vollständiger und gleichmäßiger wird die Durchtränkung des Holzes bei Anwendung starker Mittel wie Luftleere und hohen Flüssigkeitsdrucks.

III. Antiseptische Konservierung bei maschineller Behandlung.

Der Luftleere hat man früher vielfach zu große Wirkung zugeschrieben. Man glaubte, die Hölzer damit trocknen zu können oder frisch geschlagenen Hölzern den Zellsaft, und geflößten, nassen Hölzern das Wasser mechanisch zu entziehen und dachte so das langwierige Trocknen an der Luft im Stapel umgehen zu können. Alles das war nicht zutreffend. Aus feuchten Hölzern werden selbst durch hohe Luftleere nur geringe Mengen von Wasser herausgeholt. Nie aber ist die Wirkung der Luftleere so stark, daß feuchte Hölzer, geschweige denn saftvolle oder frisch geflößte Hölzer, getrocknet werden können. Es ist durch Versuche der chemischen Eisenbahn-Versuchsanstalt festgestellt, daß die Anwendung der Luftleere erst dann überhaupt nennenswerte Wirkung äußert, wenn sie mit mindestens 42 cm Quecksilbersäule zur Anwendung gelangt. Eine geringere Luftleere ist praktisch ganz ohne Wirkung. Hieraus geht klar hervor, daß kein Eintauch-Verfahren nennenswerten Erfolg haben kann, weil dabei nie eine Luftleere von auch nur annähernd 42 cm entstehen kann.

Ein Teil der Flüssigkeit wird dem Holze, wie vorerwähnt, durch starke Luftleere immerhin entzogen und dementsprechend das Holz auch zur Aufnahme einer geringen Menge Imprägnierflüssigkeit unter gewissen Umständen befähigt. Diese Vorbereitung ist aber für eine Konservierung des Holzes vollständig ungenügend, namentlich wird hierdurch noch keine gleichmäßige Durchtränkung desselben erzielt. Anders bei trockenen Hölzern. Hier wird durch genügend starke Luftleere sämtliche Luft aus den Hölzern entfernt, welche alsdann mit Tränkungsstoffen gefüllt werden können. Da bei diesen Hölzern nicht allein das Zellinnere leer, sondern auch die Holzsubstanz und die Zellwände trocken sind, so kann durch vollständige Füllung der Hohlräume und Durchtränkung der Zellwände eine reichliche und gleichmäßige Durchtränkung erreicht werden. Ohne besondere Schwierigkeiten kann unter Umständen z. B. bei gesundem, normalem Kiefernholz, wie es zu Eisenbahnschwellen verwendet wird, eine Aufnahme von 350 kg Tränkungsflüssigkeit pro Kubikmeter erzielt werden. Bei der Tränkung von evakuiertem Holz ist nun zu bedenken, daß hierbei auch stets Druck angewendet wird, selbst ohne Anwendung von maschinellem Druck, nämlich der der äußeren Atmosphäre. Es hat sich gezeigt, daß bei vielen, z. B. bei russischen und gali-

zischen Kiefernhölzern und bei Anwendung eines hohen Vakuums (von mindestens 65 cm Quecksilbersäule) der Druck der äußeren Atmosphäre hinreicht, um 80% und mehr der vorhin genannten Menge von 350 kg pro Kubikmeter in das Holz einzupressen. Wie aber hierbei die Dichtigkeit des Holzes eine Rolle spielt, zeigt sich bei der Tränkung von dicht gewachsenem, deutschem Kiefernholz; selbst bei Anordnung eines hohen Vakuums ist die Einwirkung des äußeren Atmosphärendruckes gering und erst bei Anwendung eines höheren Druckes von mindestens 3 Atm. beginnt ein reichliches Eindringen der Flüssigkeit in das luftleer gemachte, von Flüssigkeit umgebene Holz. Es ergibt sich also ohne weiteres die Notwendigkeit der Anwendung von möglichst hohem Flüssigkeitsdruck bei dicht gewachsenen Hölzern, wie es das deutsche Kiefern- und Buchenholz ist. Eine weitere Erforschung der Wirkung von Luftleere und Flüssigkeitsdruck hat gezeigt, daß für eine vollkommene Tränkung der Flüssigkeitsdruck von ausschlaggebender Bedeutung ist, und daß bei Anwendung von genügend hohem Flüssigkeitsdruck bei hinreichender Zeit es gelingt, auch ohne Vakuum trockene Hölzer vollkommen zu durchtränken. Hierdurch sind gewisse Sparverfahren ermöglicht. Selbstverständlich ist mit oder ohne Anwendung von Vakuum der Flüssigkeitsdruck und die aufzuwendende Dauer desselben abhängig von der Dichte des zu tränkenden Holzes. Zur vollkommenen Durchtränkung bei niedrigem Vakuum ist ein höherer Druck während längerer Zeit anzuwenden, als bei hohem Vakuum bei Hölzern von gleicher Beschaffenheit.

1. Das Boucherieverfahren unter hohem Druck in geschlossenen Gefäßen.

Im vorstehenden ist das Boucherie-Verfahren beschrieben, das darauf beruht, daß aus höher stehenden Gefäßen Flüssigkeit in das Stammende des frisch geschlagenen Holzes eingeführt und unter dem gelinden, hydrostatischen Druck den Zellsaft aus demselben verdrängt. Wie bereits erwähnt, wird hierbei der dichter gewachsene Teil des Holzes wegen des angewendeten niederen Druckes nicht durchtränkt. Lebioda, Pfister und auch Köpfer haben nun versucht, das Boucherie-Verfahren auszuführen unter hohem Flüssigkeitsdruck; selbstverständlich mußten sie sich hierfür geschlossener Apparate bedienen. Von den verschiedenen, durch Patente geschützten, vorgeschlagenen Vorrichtungen sei die des D.R.P. 144 277 als kennzeichnend für alle anderen aufgeführt. (Abb. 148.) Die Wirkungsweise, die in der Patentschrift sehr ausführlich beschrieben ist, ist, kurz gesagt, folgende:

Die zu imprägnierenden Hölzer werden in der skizzierten Weise so in den Kessl eingebracht, daß an beiden Stirnflächen Glocken mit scharfen Schneiden sich in die Hölzer eindrücken. Diese Glocken sind durch Rohre mit Hohlräumen in Boden und Deckel des Kessels verbunden. In einem dieser Hohlräume wird nach Füllung des Kessels mit Imprägnierflüssigkeit unter beliebig hohem Druck weitere Flüssigkeit eingepreßt, die nun durch die Glocken in die Hölzer eingedrückt wird. Es soll hierdurch die Tränkungsflüssigkeit durch die Zellen- und Wasserbahnen des

Holzes von einem Ende zum anderen durchfließen. Nach Belieben kann man dem Flüssigkeitsstrom eine umgekehrte Richtung geben. Diese Versuche konnten nicht von Erfolg gekrönt sein, weil die Glocken in der Hauptsache den Kern und nur wenig Splint faßten und nur der von den Glocken gefaßte Teil des Splints im günstigsten Falle durchtränkt wurde. Den ganzen Splint oder auch nur den größeren Teil desselben zu fassen, ist nicht möglich, weil dabei die Glocken das Holz spalten würden, eine Gefahr, die bei dem leicht spaltbaren Buchenholz außerordentlich groß ist. Bei Eichenholz mit seinem vielen Kernholz kann durch die Glocken überhaupt nur Kernholz getroffen werden. Bei trockenem Holz machen die stets vorhandenen Risse ein dichtes Abschließen durch die Glocken überhaupt unmöglich. Außerdem geben diese Risse der eingepreßten Imprägnierflüssigkeit einen bequemeren Weg durch den Kesselraum als durch das Holz, so daß in der praktisch zur Verfügung stehenden Zeit von einer vollkommenen Durchtränkung des Holzes gar keine Rede sein kann. Dann ist auch die Apparatur sehr kompliziert und dement-

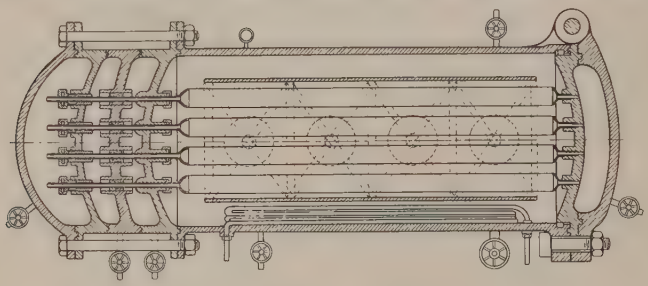


Abb. 148. Boucherie-Verfahren mit geschlossenem Apparat.

sprechend auch der Imprägnierbetrieb häufigen und ausgedehnten Reparaturen ausgesetzt. Aus diesen Gründen haben sich die Vorschläge von Lebioda, Pfister und Köpfer keinen Eingang in den Großbetrieb erringen können.

Während die drei eben Genannten mit hohem Druck allein arbeiten wollen, hat Straßbun ein Verfahren angegeben, welches auf der Anwendung lediglich hoher Luftleere, und zwar einer solchen von angeblich höchstens 7 mm Quecksilberdruck, begründet ist. Er behauptet, daß durch diese hohe Luftverdünnung die Feuchtigkeit des Holzes vollkommen entfernt wird, daß ferner die Imprägnierflüssigkeit, lediglich durch den Atmosphärendruck verteilt, in sämtliche Poren des Holzes eindringen könne, und daß aus den mit wässerigen Flüssigkeiten getränkten Hölzern das Wasser durch eine zweite hohe Luftleere verdampft, und damit die Hölzer vollkommen getrocknet werden können, so daß die in der Imprägnierflüssigkeit gelöst gewesenen Salze in trockener Form im Holze zurückbleiben. Nach den früher gegebenen Erklärungen über die Wirkungsweise der Luftleere ist das Verfahren in allen Punkten theoretisch unmöglich. Dasselbe hat sich auch nie Eingang in die Praxis verschaffen können.

2. Das Bréant'sche Verfahren.

Bréant hat ein Verfahren angegeben, das von Burnett, Bethel, Boulton, Rütgers, Polifka-Hacker und anderen weiter ausgebildet worden ist. Dieses Verfahren mit seinen, von den genannten Autoren angegebenen Änderungen besteht darin, daß das Holz auf Wagen in einen genügend starken Kessel eingefahren wird. (Abb. 149 zeigt den Durchschnitt durch einen beladenen Tränkungskessel.)

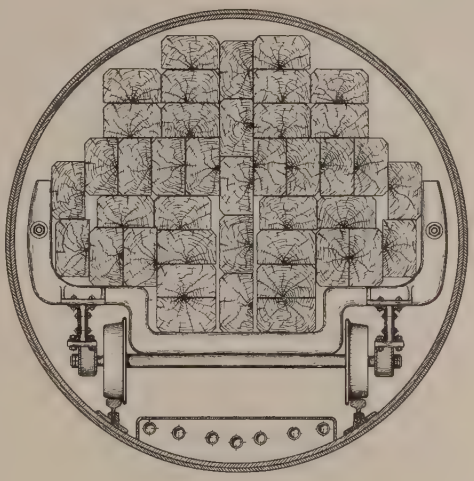


Abb. 149.

Nach der Beschickung mit Holz wird der Kessel geschlossen, luftleer gepumpt und dann unter möglichster Erhaltung der Luftleere mit Tränkungsflüssigkeit gefüllt. Auf diese Flüssigkeit läßt man alsdann einen hohen Druck, z. B. bis zu 9 Atm. wirken. Hierbei wird die Imprägnierflüssigkeit mit großer Energie in die Zellen und Wasserbahnen des Holzes eingepreßt. Die Flüssigkeit wird in erwärmtem Zustand angewendet und im Kessel durch Dampfschlangen weiter erwärmt. Durch dieses Verfahren gelingt es, die durchtränkbaren Teile des Holzes vollkommen mit Flüssigkeit zu füllen. Nachdem der Flüssigkeitsdruck hinreichend lange gewirkt hat, wird die Flüssigkeit abgelassen, der Kessel geöffnet und entleert.

3. Verbesserungen des Bréant'schen Verfahrens durch Burnett, Bethel und Polifka.

Die von den oben genannten Autoren angebenen Änderungen dieses Verfahrens bestehen darin, daß vor der Anwendung der Luftleere die Hölzer gedämpft werden, oder daß nach dem Füllen des Kessels mit heißer Flüssigkeit diese weiter erhitzt wird, und so die Hölzer lange Zeit im heißen Flüssigkeitsbade verbleiben, um durch und durch erhitzt zu werden, oder daß während dieses Erhitzens Luftleere angewendet wird, oder daß die einzelnen Phasen des Tränkungsverfahrens verschoben werden, oder daß Mischungen von Steinkohlenteeröl, wässerigen Flüssigkeiten oder mit anderen Ölen, wie Erdöl, Holzteeröl u. a. vorgeschlagen sind. Bei Anwendung von wässerigen Flüssigkeiten sollte die Aufnahmefähigkeit

des Holzes durch Öffnen der Wasserbahnen erhöht werden, und bei Anwendung von öligen Tränkstoffen in der Hitze sollte besonders durch Zuhilfenahme der Luftleere das Holz getrocknet werden.

In der Hauptsache ist das Bréantsche Verfahren mit den geschilderten Abänderungen so ausgeführt, daß zur Tränkung von Kiefern eine Mischung von wässeriger Zinkchloridlösung mit Steinkohlenteeröl verwendet wurde, während Eichen und Buchen mit Öl allein behandelt wurden. Die Tränkung mit einer Mischung von Zinkchlorid und Teeröl bzw. mit Teeröl allein wurde so vorgenommen, wie folgende, den Verträgen der Preußischen Staatsbahnen mit den Tränkungsunternehmern entnommenen Beschreibungen erläutern. Die in diesen Beschreibungen enthaltenen Anschauungen über die Wirkungsweise des Dämpfens sind nach den hierüber gemachten Ausführungen zu berichtigen.

Burnett, Bethel, Boulton, Rütgers und Polifka-Hacker bedienen sich im großen ganzen derselben Apparatur, wie Bréant. Die Tränkung mit Zinkchlorid allein geschieht nach den Ausführungsvorschriften der preußischen Staatsbahn-Verwaltung in folgender Weise.

IV. Die Tränkungsarten der Gegenwart.

1. Die Tränkung mit Chlorzinklösung allein.

Die Tränkung zerfällt in drei Teile:

I. Das Dämpfen des Holzes.
II. Die Herstellung der Luftverdünnung und das Einlassen der Chlorzinklösung.
III. Die Anwendung der Druckpumpe.

a) Das Dämpfen des Holzes.

Das in den luftdicht verschlossenen Tränkungskessel befindliche Holz wird zuerst durch Dampf erhitzt. Die Dauer des Erhitzens ist von der Jahreszeit und der Beschaffenheit des Holzes abhängig. Der einströmende Dampf soll das Holz möglichst aufnahmefähig machen, es reinigen und den hauptsächlich an den Stirnseiten festsitzenden mit Sand und Staub vermengten Pflanzenschleim aufweichen und entfernen.

Der Dampfzustrom wird so geleitet, daß der mit dem Tränkungskessel verbundene Druckmesser nach mindestens 30 Minuten eine Spannung von $1^1/_2$ Atmosphären Überdruck anzeigt. Dieser Dampfspannung bleibt das Holz weitere 30 Minuten ausgesetzt.

Bei etwa vorkommendem, frischem Holz, welches voraussichtlich die vertragsmäßige Aufnahme an Tränkungsflüssigkeit nicht erreicht, wird die Einwirkung des Dampfes derartig verlängert, daß die Spannung von $1^1/_2$ Atmosphären 60 Minuten lang erhalten bleibt.

Bei dem Einlassen des Dampfes wird die in dem Tränkungskessel befindliche Luft durch einen am unteren Teil des Tränkungskessels befindlichen Verschluß herausgetrieben, bis Dampf ausströmt; in gleicher Weise wird das Dampfwasser entfernt.

Obige Vorschrift gilt für Eichen- und Kiefernholz. Da Buchenholz größere Mengen eines sehr leicht in Gärung übergehenden Holzsaftes enthält, so muß die Einwirkung des Dampfes so lange fortgesetzt werden, bis der Holzsaft im innersten Kern den Siedepunkt erreicht hat.

Das Buchenholz, gleichgültig, ob es trocken oder frisch ist, wird zur Erreichung dieses Zweckes 4 Stunden lang der Einwirkung des Dampfes ausgesetzt, wobei die 30 Minuten, welche zur Herstellung der Spannung von $1^1{}_2$ Atmosphären erforderlich sind, mit eingerechnet werden. Nachdem das Holz genügend lange Zeit mit Dampf behandelt worden ist, wird derselbe aus dem Tränkungskessel abgelassen.

b) Die Herstellung der Luftverdünnung und das Einlassen der Chlorzinklösung.

Nach Entfernung des Dampfes wird in dem mit dem Holze gefüllten Tränkungskessel eine Luftverdünnung von mindestens 60 cm Quecksilberstand am Vakuummeter erzeugt, welche Luftverdünnung 10 Minuten lang erhalten werden soll.

Darnach beginnt die Füllung des Tränkungskessels ohne Verminderung der Luftverdünnung mit Chlorzinklösung, welche vorher auf wenigstens 65° C erhitzt worden ist.

c) Die Anwendung der Druckpumpe.

Nach erfolgter Füllung wird mittelst Pumpen Chlorzinklösung in das Holz gedrückt und der Druck bis auf mindestens 7 Atmosphären Überdruck gesteigert.

Um die Sättigung des Holzes möglichst vollkommen zu erreichen, soll dieser Druck bei Kiefern- und Buchenholz wenigstens 30 Minuten, bei Eichenholz aber 60 Minuten erhalten bleiben; nach Bedürfnis muß dieser Druck verlängert werden, bis die vorschriftsmäßige Aufnahme an Chlorzinklösung mindestens erreicht wird.

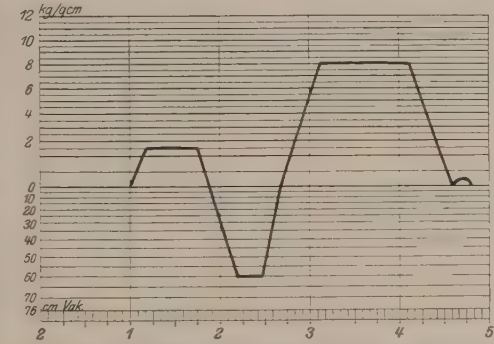


Abb. 150. Graphische Darstellung der Tränkung von eichenen Hölzern mit Chlorzink.

Damit ist die Tränkung des Holzes vollendet, worauf die Chlorzinklösung abgelassen wird.

Die graphische Darstellung der Tränkung von kiefernen, buchenen und eichenen Hölzern mit Chlorzink ist in Abb. 150—152 gegeben.

d) Gewährleistung der Aufnahme an Chlorzinklösung.

Es wird gewährleistet, daß die durchschnittliche für jede Kesselfüllung in Betracht zu ziehende Aufnahme an Chlorzinklösung beträgt:

a) für eine Kiefern- oder Buchenschwelle von 2,70 m Länge und 16/26 cm Stärke 35 bzw. 36 kg, für eine dgl. Eichenschwelle 11 kg;

b) für eine Kiefern- oder Buchenschwelle von 2,50 m Länge und 16/26 cm Stärke 32 bzw. 34 kg, für eine dgl. Eichenschwelle 10 kg;

c) für ein Kubikmeter Kiefern- oder Buchenholz in verschiedenen Abmessungen 310 bzw. 325 kg und für ein dgl. Eichenholz 100 kg.

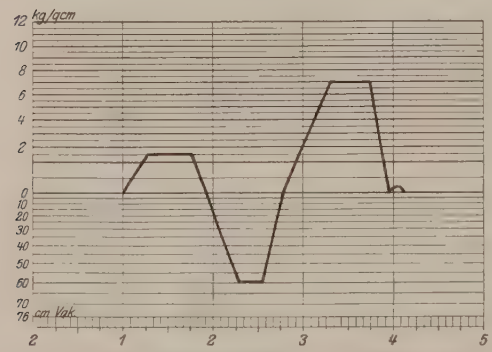


Abb. 151. Graphische Darstellung der Tränkung von kiefernen Hölzern mit Chlorzink.

Diese gewährleistete Aufnahme setzt voraus, daß das Holz gesund und im Wadel gefällt, außerdem derartig trocken ist, daß das Kubikmeter Kiefernholz nicht über 630, Buchenholz nicht über 725 und Eichenholz nicht über 800 kg wiegt.

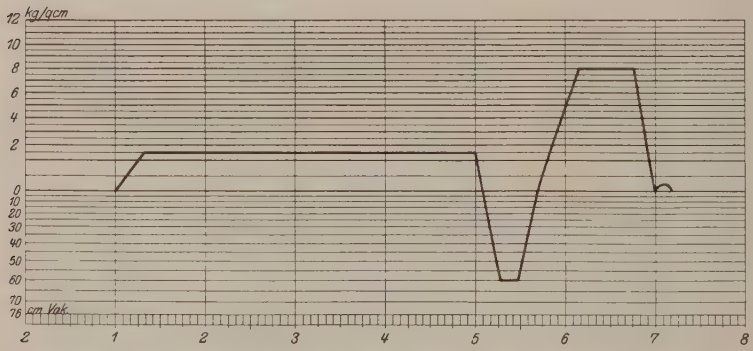


Abb. 152. Graphische Darstellung der Tränkung von buchenen Hölzern mit Chlorzink.

Wenn wegen ungenügender Trockenheit oder besonders kerniger Beschaffenheit des Holzes die gewährleistete Aufnahme an Chlorzinklösung nicht erreicht werden kann, so soll die Lösung entsprechend verstärkt werden.

Nimmt z. B. das Kubikmeter Kiefernholz nur 200 statt 310 kg Chlorzinklösung auf, so muß dessen Stärke 5,43° Bé[1]) betragen, damit die auf die Tränkung verwendete Lösung, auf reines trockenes Chlorzink berechnet, der gewährleisteten Aufnahme gleich ist.

Die zur Prüfung der Chlorzinklösung erforderlichen Proben werden durch ein mit dem Tränkungskessel unmittelbar in Verbindung stehendes Rohr entnommen. Wenn gemäß einer entnommenen Probe eine Verstärkung der Lösung durch gehaltreichere Chlorzinklösung nötig geworden sein sollte, so muß durch Nachprüfung festgestellt werden, daß die vorschriftsmäßige Lösung während einer halben Stunde im Tränkungskessel vorhanden gewesen ist.

Zur Feststellung der vom Holz bei dem oben beschriebenen Tränkungsverfahren aufgenommenen Menge Chlorzinklösung wird das Holz zunächst vor dem Einfahren in die Tränkungskessel, und zum zweiten Male nach geschehener Tränkung, und zwar beim Ausziehen aus den Tränkungskesseln, vermittelst Brückenwage gewogen. Der Gewichtsunterschied ergibt die aufgenommene Menge Tränkungsflüssigkeit.

2. Tränkung mit Chlorzinklösung unter Zusatz von karbolsäurehaltigem Teeröl.

Die Tränkung zerfällt in drei Teile:

I. Das Dämpfen des Holzes.
II. Die Herstellung der Luftverdünnung und das Einlassen der Tränkungsflüssigkeit.
III. Die Anwendung der Druckpumpe.

Die Tränkung wird ganz so ausgeführt, wie es das unter 1 beschriebene Verfahren mit Chlorzink allein vorschreibt. Ebenso bleiben die Bedingungen für die Gewährleistung der Aufnahme an Tränkungsflüssigkeit bestehen.

Das Teeröl wird während der Erwärmung der Chlorzinklösung zugesetzt und zwar für jede Schwelle von 2,50 m Länge oder mehr 2 kg, bzw. für jedes Kubikmeter Holz 20 kg.

Um eine möglichst vollkommene Mischung der Chlorzinklösung mit dem Teeröl zu erreichen, muß eine gute Mischvorrichtung unter Zuströmung von Dampf und Luft angewendet werden.

---

[1]) Bé ist die abgekürzte Bezeichnung bei Aräometerangaben für Grade nach der Teilung von Beaumé.

Die Aräometer (oder Senkwagen) sind Apparate zur Ermittlung des spezifischen Gewichtes von Flüssigkeiten, welche auf dem archimedischen Auftriebsprinzip beruhen. Man unterscheidet:

1. Gewichtsaräometer (von Fahrenheit und Nicholson) zur Bestimmung der spezifischen Gewichte flüssiger Körper;
2. Skalenaräometer zur Dichteprüfung von Flüssigkeiten, um die es sich im vorliegenden Fall handelt;
3. Aräometer für besondere Flüssigkeiten, wie Alkohol, Milch, Zucker, Salz, Silberlösungen, Most.

3. Tränkung mit erhitztem Steinkohlenteeröl.

Die Tränkung zerfällt in zwei Teile:

I. Das Trocknen des Holzes bzw. das Entziehen des Wassers aus dem Holze durch das erhitzte Teeröl unter Mitwirkung der Luftpumpe.

II. Das Eindringen des Teeröles in das Holz vermittelst der Druckpumpe.

a) Das Trocknen des Holzes.

Das zur Tränkung bestimmte Holz wird in den Tränkungskessel eingebracht, welcher darauf luftdicht verschlossen wird. Hierauf wird in dem Tränkungskessel eine Luftverdünnung von mindestens 60 cm Quecksilberstand hergestellt und 10 Minuten erhalten und alsdann das vorgewärmte Teeröl unter anhaltender Luftverdünnung so hoch in den Tränkungskessel eingelassen, daß dasselbe nicht durch die Luftpumpe übergesogen werden kann. Dieses Einlassen des erwärmten Teeröles erfolgt, je nach dem Trockenzustande des Holzes, mit Unterbrechungen oder mit einem Male.

Während und nach der Füllung wird das im Tränkungskessel befindliche Teeröl durch ein entweder in dem unteren Teil des Kessels liegendes Schlangenrohr oder einen unter demselben angebrachten Röhrenkessel mittels Dampfes bis wenigstens 105° C, höchstens 115° C, erhitzt. Diese Erhitzung soll während eines Zeitraumes von mindestens 3 Stunden vor sich gehen. Ist der Hitzegrad im Tränkungskessel erreicht, so soll er mindestens 60 weitere Minuten ohne oder unter Luftverdünnung erhalten bleiben, je nachdem dies notwendig erscheint, damit das Holz die erforderliche Menge Teeröl aufnimmt.

Von dem Augenblicke an, in welchem die Füllung des Tränkungskessels mit erhitztem Teeröl beginnt, wird derselbe mit einem Röhrenkühler in Verbindung gesetzt, welcher alle aus dem Holze entweichenden Wasserdämpfe verdichtet und das gebildete Wasser in ein Auffangegefäß leitet. Dieses Gefäß ist mit einem Wasserstandszeiger versehen, an dem die Menge des aus dem Holze verdampften Wassers ablesbar ist.

b) Das Eindringen des Teeröles.

Nachdem das Trocknen des Holzes bzw. das Entziehen des Wassers aus dem Holze beendigt ist, wird der Tränkungskessel vollends gefüllt und die Druckpumpe in Anwendung gebracht, welche einen Druck von mindestens 7 Atm. erzeugt. Dieser Druck wird wenigstens 30 Minuten für Buchenholz und 60 Minuten für Eichenholz unterhalten, wenn eine Verlängerung desselben nicht zur Erreichung der vorschriftsmäßigen Aufnahme an Teeröl erforderlich ist. Damit ist die Tränkung des Holzes vollendet, worauf das Teeröl abgelassen wird.

Die graphische Darstellung der Abb. 153 und 154 zeigen den Tränkungsvorgang von buchenen und eichenen Hölzern mit erhitztem Teeröl.

Die Bedingungen für die Gewährleistung der Aufnahme an Teeröl sind dieselben wie bei der Tränkung mit Chlorzink unter 1.

Nach diesem Verfahren sind große Mengen Buchen getränkt worden, die sich tadellos halten, und denen nach den in Frankreich gemachten Erfahrungen eine fast unbegrenzte Lebensdauer zugesprochen werden muß. Es liegen dort mehr als 80% noch nach 40 Jahren im Gleise. Solche günstigen Ergebnisse sind erzielt worden mit Buchenschwellen, deren Abnahme mit besonderer Sorgfalt, unter Beachtung möglichster

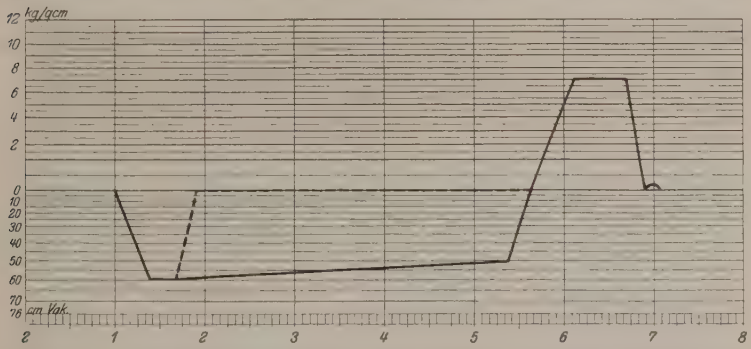


Abb. 153. Graphische Darstellung der Tränkung von buchenen Hölzern mit erhitztem Teeröl.

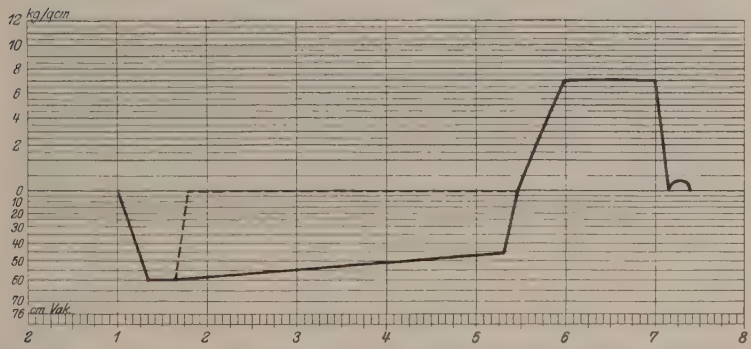


Abb. 154. Graphische Darstellung der Tränkung von eichenen Hölzern mit erhitztem Teeröl.

Kernfreiheit, vorgenommen war. Daß nach diesem Verfahren der rote Kern der Buche nicht durchtränkt werden kann, ist selbstverständlich; das zeigt Abb. 155. Bei einem großen Brande auf einem Holzplatze waren u. a. etwa 7000 mit Teeröl nach dem eben beschriebenen Verfahren getränkte Buchenschwellen angebrannt und unbrauchbar geworden; sie wurden, um zur Kesselfeuerung verwendet werden zu können, mitten durchgeschnitten. Die Photographie zeigt einen Haufen durchschnittener Schwellen, die

wahllos, wie sie fielen, aufgehäuft waren. Die weißen Stellen sind roter Kern, der vollkommen ölfrei ist, die schwarzen und grauen Stellen sind satt mit Öl getränkt. Beobachtungen an rot-kernigen teerölgetränkten Buchenschwellen haben ergeben, daß sich nach mehr als 20jähriger Liegedauer noch keine faulen Schwellen fanden, ein Beweis für die Harmlosigkeit des roten Kerns und ein Beweis für die Güte des Tränkverfahrens. Es ist deshalb vollkommen richtig, daß das frühere Verlangen absoluter Kernfreiheit der Buchenschwellen fallen gelassen ist[1]).

Dies Verfahren der Tränkung mit Öl haben Polifka im Verein mit Hacker und Illeck auf verschiedene Weise, wenn auch nicht wesentlich, abgeändert. Sie haben sich eine ganze Reihe von Änderungen patentieren

Abb. 155. Imprägnierte durchschnittene Buchenschwellen mit rotem Kern.

lassen, die entweder auf der Anwendung verschiedener Tränkungsstoffe oder mehrerer aufeinanderfolgender Bäder begründet sind, und zwar zunächst heißer und dann kalter Bäder, mit oder ohne Vakuum, stets aber unter Anwendung von Druck.

Besonders charakteristisch ist die Tränkungsart von Polifka-Hacker, die darin besteht, daß Holz in einem heißen Ölbade unter Anwendung von Vakuum längere Zeit erhitzt wird. Hierauf wird das heiße Öl abgelassen und der Kessel, ohne geöffnet zu werden, luftleer gemacht, unter Beibehaltung der Luftleere mit kaltem Öl gefüllt und weitere Mengen Öl in das Holz eingepreßt. Hierdurch charakterisiert sich das

[1]) Vgl. Schneidt, Beschaffung und Verwendung buchener Eisenbahnschwellen, Glasers Annalen 1910, Bd. 66, Nr. 785.

Verfahren als ein Volltränkungsverfahren, welches gestattet, das Holz mit der größtmöglichen Menge Tränkungsflüssigkeit in allen durchtränkbaren Teilen satt zu füllen, so daß z. B. bei Eisenbahnschwellen aus Kiefernholz eine Aufnahme von rund 300 kg Tränkstoff, bei Eichen von rund 100 kg und bei Buchen von rund 350 kg erzielt wird.

Die im weiteren Verfolg des Verfahrens noch hinzutretende Luftleere macht diese Volltränkung zu einem Sparverfahren.

Die von den Erfindern ausgearbeiteten Verfahren haben sich hauptsächlich in Ungarn Eingang verschafft.

In der Praxis haben sich die so mit Chlorzink und Teeröl oder mit Teeröl allein getränkten Schwellen derartig bewährt, daß bei Kiefern eine Lebensdauer von 20 und mehr Jahren, bei Eichen von 25 und mehr, bei Buchen von 30 und mehr Jahren erreicht ist. Selbstverständlich gelten diese Zahlen nur für solche Hölzer, die bei vorschriftsmäßiger Tränkung gesund waren[1]).

Bei der Feststellung der Lebensdauer von Eisenbahnschwellen ist zu berücksichtigen, daß selbst bei der sorgfältigsten Abnahme und Tränkung unter den in die Strecke eingelegten Schwellen ein gewisser Anteil sich befindet, der in bezug auf die Beschaffenheit des Holzes bei der Abnahme oder z. B. durch ungenügenden Trockenheitsgrad bei der Tränkung nicht einwandfrei ist, und es ist gerechtfertigt, hierfür bei Feststellung der Lebensdauer der Schwellen vorab einen Abzug von 5% der verlegten Schwellenzahlen in Ansatz zu bringen und nun die verbleibenden 95% in der Lebensdauer zu verfolgen. Auf diese Weise kann man die Lebensdauer der getränkten Schwellen in der Weise angeben, daß nach der genannten Zeit noch 80% der verlegten Schwellen sich im Gleise befanden. Wird aus irgendwelchen Gründen bei der Abnahme Holz von nicht erster Qualität, z. B. auf dem Stamm abgestorbenes Holz, zugelassen, so verringert sich selbstverständlich auch die Lebensdauer. Innerhalb gewisser Grenzen trifft jedoch auch für solche Hölzer der hohe Wirtschaftlichkeitsgrad eines guten Imprägnierverfahrens zu.

V. Sparträukung.

Die guten Betriebsergebnisse der Volltränkungsverfahren sind erzielt durch Anwendung großer Mengen von Tränkungsstoff, die naturgemäß die Kosten des Verfahrens bedeutend in die Höhe schrauben. In der Neuzeit hat man, nachdem das Wesen der Fäulnis des Holzes erkannt war, geprüft, ob diese großen Mengen an Imprägnierstoff zur dauernden Konservierung des Holzes nötig seien, oder ob sie nicht bedeutend verringert werden können. Diese Versuche wurden nach Anweisung und unter Aufsicht der chemischen Eisenbahn-Versuchsanstalt in folgender Weise angestellt:

Es wurden in bekannter Weise Nährböden mit wechselnden Mengen von Tränkungsstoffen vermischt, z. B. mit 1; 0,8; 0,6; 0,4; 0,2; 0,1%

[1]) Wir verweisen bezüglich der Lebensdauer auf den Unterabschnitt „Die erhöhte Lebensdauer getränkter Holzschwellen“ im vierten Teil: Eisenbahn-Oberbau, IV[1].

Zinkchlorid oder Teeröl. Diese so vorbereiteten Nährböden wurden mit zwei verschiedenen Pilzen geimpft und das Wachstum der Pilze beobachtet. Der Verlauf der Versuche geht aus den Tabellen I—IV hervor.

Aus der Zusammenstellung dieser bei den untersuchten Pilzen gewonnenen Resultate geht mit Sicherheit hervor, daß die desinfektorische Kraft des Teeröls wenigstens dreimal so groß ist als die des Chlorzinks. Wie die mit Mucor mucedo angestellten Kulturversuche bereits zeigten, ist das Verhältnis für das Teeröl in vielen Fällen indes noch günstiger. Den weiteren Betrachtungen sei aber lediglich das gefundene Verhältnis — nämlich Öl : Chlorzink = 3 : 1 — zugrunde gelegt.

In der Praxis wird zum Schutze einer kiefernen Schwelle eine Menge von ca. 35 kg einer wässerigen Chlorzinklauge mit einem Gehalt von 0,85 kg festen Chlorzinks als genügend angenommen, selbst unter Berücksichtigung der Auswaschbarkeit desselben: jedenfalls hat sich diese Menge als vollkommen genügend erwiesen, eine Schwelle im Gleise vor den holzzerstörenden Pilzen zu schützen. Da der Kern einer Schwelle praktisch nicht durchtränkbar ist, so befinden sich diese 35 kg nur im Splint der Schwelle, der bei einem Durchschnittsgewicht von rund 69 kg ca. $^1/_3$, also 23 kg, beträgt. Diese 23 kg Splint, der für die holzzerstörenden Pilze in Betracht kommende Nährboden, enthalten also 0,85 kg = 3,7 Gewichtsprozent festen Chlorzinks. Nach den angestellten Versuchen sind aber 0,85 kg Chlorzink einer Teerölmenge von rund 0,275 kg gleichwertig. Wenn also in dem durchtränkbaren Teil der Schwelle 1,2 Gewichtsprozent Teeröl oder 275 g pro Schwelle gleichmäßig verteilt sind, so ist die Schwelle ebenso sehr geschützt gegen Pilze, wie die mit 3,7 % Chlorzink getränkten Schwellen, welche erfahrungsgemäß steril sind.

Aus diesem Verhältnis ergibt sich ganz klar die Möglichkeit, auch mit geringen Mengen von Teeröl das Holz zu konservieren, vorausgesetzt, daß diese geringen Ölmengen im Splint gleichmäßig verteilt werden können. Andererseits ergibt sich gleichzeitig eine besondere Forderung an den Tränkungsstoff, daß nämlich eine so geringe in das Holz eingebrachte Menge sich nicht nennenswert durch Auswaschen oder Verdampfen vermindere, und diesen Anforderungen entsprechen im allgemeinen am besten schwer verdunstende Öle.

Der nächste Weg zur Ersparung von Öl wäre der, dasselbe mit leicht verdunstbaren Flüssigkeiten zu mischen, mit dieser Lösung Holz zu tränken und dann durch Erwärmen mit oder ohne Zuhilfenahme von Luftleere das Verdünnungsmittel aus dem Holz abzudestillieren und wieder zu gewinnen. Als Verdünnungsmittel wurden Benzin, Benzol, Terpentinöl und andere leicht verdunstbare Lösungsstoffe vorgeschlagen. Aber alle hiermit angestellten Versuche sind praktisch gescheitert. Der Grund des Mißerfolges liegt in den eingangs gemachten Ausführungen über das schlechte Wärmeleitvermögen des Holzes.

Dann wurde schon vor längerer Zeit von Blythe vorgeschlagen, die Konservierung des Holzes mit Dämpfen von Teeröl auszuführen. Ihm schwebte wohl hierbei das alte Fleischräucherungsverfahren vor, wobei durch Schwelen von Buchenspänen ein Gemisch von Wasserdampf, permanenten Gasen und Destillationsprodukten des Holzes entsteht. Die

Tabelle I[1])

Kulturversuche mit chlorzinkhaltigen Nährböden.

No.	Beschaffenheit des Nährbodens	Gehalt an Chlorzink	geimpft mit	Beobachtung nach 1 Tage	2 Tagen	3 Tagen	4 Tagen	6 Tagen	14 Tagen	35 Tagen
1	Nährgelatine	1 %	Penicillium glaucum	Stich wenig verändert	Nicht verändert	Nicht verändert	Nicht verändert	Nicht verändert	Nicht verändert	Nicht verändert
2	„	0,8 „	„	Stich wenig sichtbar	do.	Einige Stellen im Stich gewachsen	Kl. Myzel an der Oberfläche	Kaum merkbar gewachsen	Kaum merkbar gewachsen	Kümmerlich. Wachstum, keine Sporen
3	„	0,6 „	„	Stich deutlich sichtbar	2 Stellen im Stich gewachsen	Oberer Teil des Stiches deutlich gewachsen	Wachstum im oberen Teil des Stiches	Wachstum im oberen Teil des Stiches	Stich ausgewachsen, geringes Myzel der Oberfläche	Myzel nur wenig vermehrt, vereinzelte Sporenbildung
4	„	0,4 „	„	do.	Oberer Teil des Stiches gewachsen	Stich ausgewachsen, Myzel an der Oberfläche	Myzel üb. die Oberfläche verbreitet, Sporenbildg.	Weiteres Wachstum	Weiteres Wachstum	Dauerstadium
5	„	0,2 „	„	do.	Stich ausgewachsen, Myzel an der Oberfläche	Myzel über der Oberfläche	Myzel vermehrt, Sporenbildung	Weiteres Wachstum	Weiteres Wachstum	Dauerstadium
6	„	0,1 „	„	Stich deutlich sichtbar, oberer Teil stark gewachsen	Stich ausgewachsen, Myzel an der Oberfläche	Myzel üb. die ganze Oberfl. verbreitet, Sporenbildung	Weiteres Wachstum	Weiteres Wachstum	Weiteres Wachstum	Dauerstadium

Bei den Nummern 4, 5, 6 stand an den einzelnen Beobachtungstagen bis zum 14. Tage die Größe des ausgewachsenen Pilzrasens schätzungsweise im umgekehrten Verhältnis der Chlorzinkmengen, es zeigte sich also, daß die wachstumhemmende Wirkung von der Menge des Chlorzinks abhängig ist, und daß diese Wirkung erst bei einer bestimmten Menge Chlorzink eine absolute ist.

[1]) Tabellen aus: „Seidenschnur, Tränkung von Holz mit Teeröl", Zeitschr. für angewandte Chemie 1901, Seite 491 ff.

Tabelle II.

Kulturversuche mit chlorzinkhaltigen Nährböden.

No.	Beschaffenheit des Nährbodens	Gehalt an Chlorzink	geimpft mit	Beobachtung nach 1 Tage	2 Tagen	3 Tagen	4 Tagen	6 Tagen	14 Tagen	35 Tagen
1	Nährgelatine	1 %	Mucor mucedo	Nichts bemerkbar	Nichts bemerkbar	Nichts bemerkbar	Nichts bemerkbar	Nichts bemerkbar	Nichts bemerkbar	Nichts bemerkbar
2	„	0,8 „	„	Stich schwach sichtbar	Nicht verändert	Nicht verändert	Nicht verändert	Nicht verändert	Nicht verändert	Nicht verändert
3	„	0,6 „	„	do.	do.	do.	do.	do.	Myzel nicht merklich vermehrt	Geringes Myzel im Stich, keine Sporen
4	„	0,4 „	„	do.	do.	Mehrere Stellen im im Stich deutlich gewachsen	Stich deutlich gewachsen	Nicht merklich verändert	Myzel im Stich vermehrt, Myzel an der Oberfläche	Myzel stark vermehrt, Sporenbildung
5	„	0,2 „	„	do.	Stich sichtbar	Stich wenig verändert	Stich ausgewachsen, Myzel an der Oberfläche	Myzel stark vermehrt, Sporenbildung	Weiteres Wachstum	Weiteres Wachstum
6	„	0,1 „	„	Stich sichtbar, an einig. Stellen deutliches Wachstum	Stich gewachsen	Stich vollständig ausgewachsen	Starkes Wachstum an der Oberfläche	Myzel stark vermehrt, Sporenbildung	Weiteres Wachstum	Weiteres Wachstum

Bei den Nummern 4, 5, 6 stand an den einzelnen Beobachtungstagen bis zum 14. Tage die Größe des ausgewachsenen Pilzrasens schätzungsweise im umgekehrten Verhältnis der Chlorzinkmengen; es zeigte sich also, daß auch bei diesem Pilze die wachstumhemmende Wirkung von der Menge des Chlorzinks abhängig ist, und daß diese Wirkung erst bei einer bestimmten Menge Chlorzink eine absolute ist.

Tabelle III.

Kulturversuche mit teerölhaltigen Nährböden.

No.	Nährboden	Gehalt an Teeröl %	geimpft mit	Beobachtung nach				
				9 Tagen	12 Tagen	14 Tagen	20 Tagen	45 Tagen
1	Gelatine-Agar	1	Penicillium glaucum	Nichts bemerkbar	Nichts bemerkbar	Nichts bemerkbar	Nichts bemerkbar	Nichts bemerkbar
2	„	0,8	„	„	„	„	„	„
3	„	0,6	„	„	„	„	„	„
4	„	0,4	„	„	„	„	„	„
5	„	0,2	„	An einer Stelle des Stiches ein weißes Pünktchen	Myzelbildung an einer Stelle, einige andere weiße Punkte	Wenig verändert	Ein Teil des Striches etwas gewachsen	Noch einige andere Stellen d. Striches wenig gewachsen, Myzel stark entartet, keine Sporenbildung
6	„	0,1	„	An einer Stelle weißes Myzel	Ganz wenig verändert	Strich wächst etwas aus	Geringes weiteres Wachstum	Myzel nur wenig vermehrt, stark entartet, keine Sporenbildung

Bei den No. 5 und 6 stand an den einzelnen Beobachtungstagen bis zum 45. Tage die Menge des entwickelten Pilzrasens gleichfalls schätzungsweise im umgekehrten Verhältnis der Teerölmengen.

Tabelle IV.

Kulturversuche mit teerölhaltigen Nährböden.

No.	Nährboden	Gehalt an Teeröl %	geimpft mit	Beobachtung nach				
				9 Tagen	12 Tagen	14 Tagen	20 Tagen	45 Tagen
1	Gelatine-Agar	1	Mucor mucedo	Nichts bemerkbar	Nichts bemerkbar	Nichts bemerkbar	Nichts bemerkbar	Nichts bemerkbar
2	„	0,8	„	„	„	„	„	„
3	„	0,6	„	„	„	„	„	„
4	„	0,4	„	„	„	„	„	„
5	„	0,2	„	„	„	„	„	„
6	„	0,1	„	„	An einer Stelle Strich etwas deutlich	Nicht merklich verändert	Nicht verändert	Der weißliche Strich nicht verändert

in diesen Rauch eingehängten Fleischstücke nehmen aus diesem Gemisch allerdings im Verlaufe längerer Zeit die Destillationsprodukte des Holzes auf und werden konserviert. Blythe verfuhr in der Weise, daß er hocherhitzten Wasserdampf durch hocherhitztes Steinkohlenteeröl hindurchjagte und so einen Teil des Teeröles, mit Dampf gemischt, verflüchtigte. In dieses Gemisch wurde noch mehr überhitzter Dampf geleitet und derselbe dann in den mit Holz beschickten Tränkungskessel eingeblasen. Nach Annahme des Erfinders sollte hierbei eine vollständige Durchtränkung des Holzes stattfinden. Untersuchungen von der Strecke entnommenen Schwellen, die nach diesem Verfahren behandelt und in hohem Maße der Fäulnis anheim gefallen waren, haben ergeben, daß die Durchtränkung nach dem Blytheschen Verfahren eine äußerst mangel-

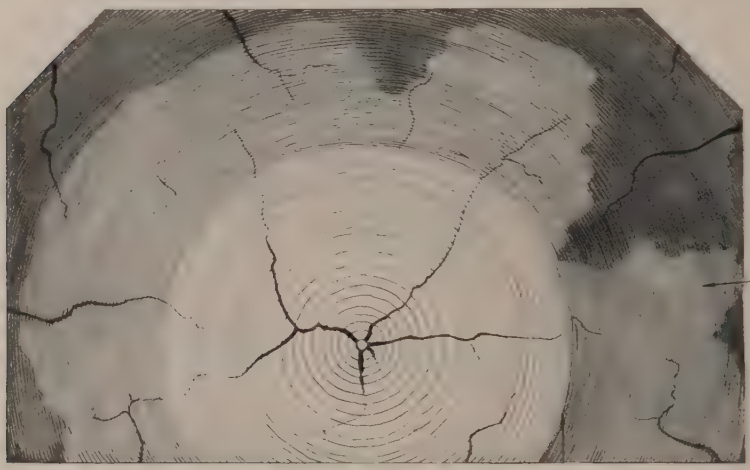


Abb. 156. Nach dem Blytheschen Verfahren imprägnierte Schwelle.

hafte und ungleichmäßige ist. Die unregelmäßig im Schwellenquerschnitt, aber nur am Rande der Schwellen verteilten Stellen des Splintes, die bei der Tränkung Öl erhalten hatten, waren auch gesund geblieben. Der größere Teil des Splintes aber war von Öl frei und vollständig faul. Die Art der Durchtränkung und der Zerstörung einer solchen Schwelle zeigt schematisch obiger Querschnitt. (Abb. 156.)

Die einzelnen Querschnitte ein und derselben Schwelle erweisen sich bei dem Blytheschen Verfahren in bezug auf Durchtränkung und Verteilung des Öles als vollständig verschieden.

Die Berlin-Anhaltische Maschinenfabrik A.-G. bedient sich ebenfalls des Prinzips der Räucherei von Fleischwaren, indem sie Gase von Kohlen-, Torf- oder Holzdestillationsanlagen oder Kesselfeuerungen zum Zerstäuben von Steinkohlenteeröl benutzt und mit diesem Nebel, gegebenen-

falls unter Anwendung von erhöhtem Druck oder Vakuum, Holz in geschlossenen Kesseln behandelt. Selbst bei oftmaliger Wiederholung dieser Operation ist eine bessere Durchtränkung des Holzes als bei Blythe kaum denkbar. Von Erfolgen in der Praxis ist bis heute nichts bekannt.

Der Vollständigkeit wegen möge noch das Haskinsche Sparverfahren oder Vulkanisier-Verfahren angeführt werden, bei dem allerdings die Sparsamkeit auf die Spitze getrieben ist. Haskin wendet überhaupt keinen Tränkungsstoff an, sondern behandelt das Holz mit hochüberhitzter Luft und gibt an, daß hierbei Saftbestandteile des Holzes in Essig und andere Holzdestillationsprodukte sich spalten, die dann im Holze bleiben und dasselbe gegen Fäulnis schützen. Die Luft wurde bei diesem Verfahren bis auf 150° vorgewärmt. Das Ergebnis der in großem Maßstabe vorgenommenen Versuche war, daß die so behandelten Schwellen nach ganz kurzer Zeit derartig zerfielen, daß sie Reisigbündeln nicht unähnlich waren. Es wurde hierbei durch die angewendete hohe Wärme die Ligninsubstanz des Holzes in ihrem Zusammenhange vollständig zerstört.

Bei Besprechung des Dämpfens von Holz wurde festgestellt, daß durch Wasserdampf von 1 Atmosphäre = 110° C Holz merklich leidet; das Haskinsche Verfahren hat gezeigt, daß auch die übermäßige Anwendung von trockener Hitze ebenfalls von äußerst schädigendem Einfluß auf Holz ist; die Hasselmannschen Verfahren in ihren verschiedenen Formen haben die zerstörende Wirkung von zu heißen Flüssigkeiten erwiesen. Es ist demnach merklich höhere Wärme als 100° C, in jeder Form, gleichgültig, ob trocken oder feucht, für das Holz schädlich.

Eine andere Art, Öl zu sparen, besteht darin, daß man von vornherein nur beschränkte Mengen in das Holz einbringt. Bei solchen Versuchen wurde festgestellt, daß bei Anwendung von kleinen Ölmengen die Verteilung des Öles eine sehr schlechte ist, indem dasselbe durch einfaches Einpressen nur in die äußeren Teile des Splintes dringt, wo es sich reichlich ansammelt. Es mußte also versucht werden, die Verteilung nachträglich günstiger zu gestalten. Dies wurde nach dem Vorschlag von Heise, Guido Rütgers und anderen so versucht, daß die mit beschränkten Ölmengen in den äußeren Teilen sattgetränkten Hölzer einer nachträglichen Behandlung mit Luft, Dampf oder Wasser unterzogen wurden. Der gewünschte Zweck wurde auch im allgemeinen bei geeigneten Hölzern in ziemlich weitgehendem Maße erreicht. Nur zeigte sich im Laufe der Zeit, daß namentlich dicht gewachsene Hölzer der Verteilung mit Luft doch größeren Widerstand entgegensetzen und nicht befriedigend durchtränkt werden. Ferner hat sich bei den Versuchen der Verteilung mit Dampf gezeigt, daß hierbei ziemlich bedeutende Ölmengen aus dem Holze wieder ausgedrückt wurden, die eine Kontrolle der Tränkung und der Ölaufnahme unmöglich machten, da das Holz gleichzeitig wechselnde Wassermengen aufnahm.

Eine neue Maßnahme zur Ersparung von Öl gab das sog. Northeimer Verfahren (D.R.P. 212 911). Hierbei wird ungefähr die Hälfte der für das Holz bestimmten Ölmenge mehr in das Holz eingedrückt und nachher durch Luftleere wieder aus dem Holz entfernt und zurückgewonnen.

Die Ausführung geschah in folgender Weise:

1. Northeimer Verfahren.

Nach Feststellung des Gewichtes der rohen Schwellen durch Verwiegung und nach Einbringen der Hölzer in den Tränkungskessel wird derselbe luftdicht verschlossen und so schnell wie möglich mit erwärmtem Teeröl (60—105° C) bei geöffnetem Luftventil des Kessels mittels Druckluft gefüllt, so daß vor und während der Füllung Überdruck im Kessel nicht vorhanden ist. Nach vollständiger Füllung des Kessels wird das Luftventil geschlossen und eine bestimmte, vorher genau abgemessene Teerölmenge mittelst Druck in den Kessel gebracht. Die Mengenbestimmung ist Sache des Unternehmers und beträgt je nach der Beschaffenheit der Schwellen und je nach der Jahreszeit, ob Sommer oder Winter, 8—12 kg auf die Schwelle.

Durch das Einpressen des Teeröles entsteht in dem Tränkkessel ein Überdruck von $1^1/_2$—2 Atm. bei sehr trockenen und lockeren Hölzern, und bis 7 Atmosphären bei dichten und nicht ganz trockenen Hölzern. Die Pumpe wird nun abgestellt und das Öl bleibt im Tränkkessel so lange — mindestens aber 20 Minuten — ruhig stehen, bis der am Manometer des Kessels angezeigte Druck unverändert bleibt oder bis auf $^1/_4$ Atm. zurückgegangen ist. Hierauf wird das Öl aus dem Tränkkessel abgesaugt, und zwar bei geöffnetem Luftventil, so daß weder Druck noch Luftleere entsteht. Nach Entfernung des Öles aus dem Tränkkessel und nach Schließen des Luftventils wird eine möglichst hohe Luftleere erzeugt und, sobald ein Quecksilberstand von 60 cm erreicht ist, mindestens 10 Minuten lang erhalten. Alsdann wird die Luftpumpe abgestellt und durch Öffnen des am Tränkkessel befindlichen Luftventils 5 Minuten lang äußere Luft zugelassen. Hierauf wird das Luftventil wieder geschlossen und, wie vor, möglichst hohe Luftleere erzeugt, mindestens 10 Minuten lang erhalten, und nach Luftzufuhr der Kessel geöffnet. Die Tränkung ist hiermit beendet. Nach Entfernung des durch die Luftleere den Schwellen entzogenen Öles werden die getränkten Schwellen ausgefahren und gewogen. Die Differenz zwischen dem Gewicht der rohen und der getränkten Schwellen ergibt die Aufnahme an Teeröl.

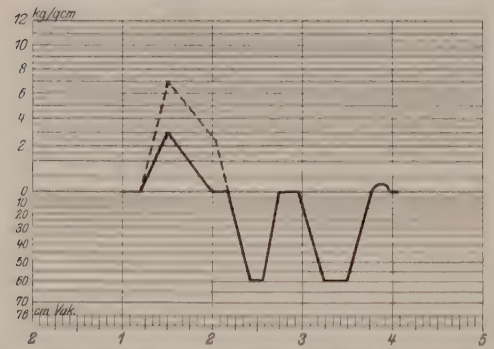


Abb. 157. Graphische Darstellung der Tränkung nach dem Northeimer-Verfahren.

Die graphische Darstellung der Tränkung nach dem Northeimer Verfahren zeigt Abb. 157.

Erweist sich nach der ersten Tränkung die Aufnahme höher oder niedriger als beabsichtigt war, so muß die pro Schwelle eingedrückte Menge Teeröl entsprechend geändert werden.

Im allgemeinen hat dieses Verfahren, namentlich bei dichten Inlands- oder feuchten Auslandshölzern gute Resultate ergeben. Als aber infolge eines sehr heißen Sommers die Hölzer einen ungewöhnlichen Grad von Trockenheit aufwiesen, ließ sich eine gute Verteilung des Öles nur durch Einpressen so großer Mengen Öl in das Holz erzielen, daß trotz der folgenden Luftleere bedeutend größere Mengen Öl im Holz verblieben als beabsichtigt war. Für diese Verhältnisse erwies sich das Verfahren von Heise als zweckmäßiger, da gerade bei leicht durchtränkbaren Hölzern die Verteilung durch Luft am besten zu erreichen ist. Die Ausführung geschah in folgender Weise:

2. Das Heise-Verfahren.

Nach Einbringen der Hölzer in den Tränkungskessel wird derselbe luftdicht verschlossen und möglichst schnell mit vorher erwärmtem Teeröl bei geöffnetem Luftventil des Kessels gefüllt, so daß vor und während der Füllung Überdruck im Kessel nicht vorhanden ist. Das Öl ist nach Ermessen des Unternehmers mehr oder weniger anzuwärmen und erforderlichenfalls im Tränkungskessel durch indirekten Dampf weiter warm zu halten, jedoch darf die Temperatur des Öles höchstens 100° C sein.

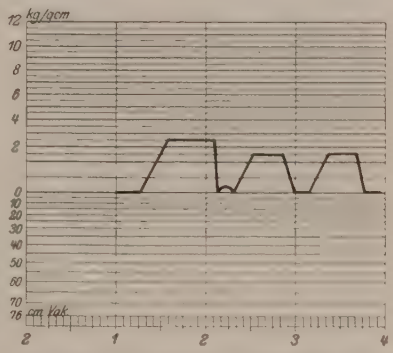


Abb. 158. Graphische Darstellung der Tränkung nach dem Heise-Verfahren.

Nach vollständiger Füllung des Kessels wird das Luftventil geschlossen und eine vorher durch den Unternehmer bestimmte Menge Teeröl mittelst Überdruck in den Kessel nachgepreßt. Diese Menge ist von der Beschaffenheit der zu tränkenden Hölzer, von Jahreszeit und Witterung abhängig.

Das Einpressen der vorher abgemessenen Ölmenge soll so langsam erfolgen, daß im Tränkungskessel kein höherer Überdruck als $2^1/_2$ Atm. entsteht.

Hierauf wird das Öl aus dem Tränkungskessel entfernt. Nach Entleerung des Tränkungskessels wird in demselben ein Luftdruck von mindestens $1^1{}_2$ Atm. erzeugt und dieser Druck 15 Minuten erhalten. Sodann wird der Tränkungskessel 5 Minuten lang mit der atmosphärischen Luft in Verbindung gebracht.

Nach Ablauf dieses Zeitraumes wird das Luftventil wieder geschlossen, zum zweitenmal ein Luftdruck von mindestens $1^1/_2$ Atm. erzeugt und dieser Druck wieder 15 Minuten unterhalten

Während der zweimaligen Luftbehandlung ist die Luft im Tränkungskessel durch indirekten Dampf auf mindestens 50° C zu erwärmen.

Die graphische Darstellung der Tränkung nach dem Heise-Verfahren zeigt Abb. 158.

Nach Ablaß des zweiten Luftdruckes ist die Tränkung beendet.

Wie bereits erwähnt, eignet sich das Northeimer Verfahren besser für dicht gewachsene und etwas feuchte Hölzer, während sehr trockene oder locker gewachsene Hölzer besser nach dem Heise-Verfahren durchtränkt werden.

3. Die Doppeltränkung.

Ein anderes Verfahren der Ölersparnis besteht darin, daß das Holz vor der Tränkung einer Behandlung mit Wasser oder anderen wässerigen Flüssigkeiten unterzogen wird. Daß dies Verfahren sich als brauchbar erweisen könnte, war kaum vorauszusehen, da nach allen Erfahrungen die Öltränkung ungenügend trockener Hölzer stets ungünstige Resultate ergeben hat. Es stellte sich aber heraus, daß eine Tränkung mit beschränkten Mengen Öl und dessen gleichmäßige Verteilung im Holz nach einer vorhergehenden teilweisen Sättigung mit wässerigen Flüssigkeiten sich erreichen läßt, wenn das Holz vor dieser Behandlung nahezu lufttrocken war. Es ist das zweifellos darin begründet, daß das Protoplasma in frischem oder in feuchtem Zustand den Durchgang von Öl durch die Tüpfel verhindert, nach dem Eintrocknen aber selbst durch größere Wassermengen nicht so bald in den früheren gallertartigen Zustand zurückgeführt wird.

Die Ausführung der Doppeltränkung geschah in folgender Weise:

Nachdem der mit Holz gefüllte Tränkungskessel luftdicht geschlossen ist, wird er mit Dampf gefüllt [1]), wobei ein Ventil zum Austritt der im Innern befindlichen Luft geöffnet wird. Sobald die Luft entwichen und nach Schließen des Luftventils ein Druck von 0,5 bis höchstens 1 Atm. erreicht ist, wird der Druck noch ca. 40 Minuten durch weitere Zuführung von Dampf erhalten und dann innerhalb 10 Minuten der Dampf langsam aus dem Kessel abgelassen, bis der Überdruck fast verschwunden ist; dann wird eine Luftverdünnung von 42 cm Quecksilbersäule hergestellt und einschließlich der zu ihrer Erzeugung erforderlichen Zeit eine halbe Stunde auf dieser Höhe erhalten. Nach Ablauf dieser Zeit wird die auf ungefähr 70° C erhitzte Salzlösung in den Tränkungskanal eingefüllt, so daß die Luftleere bis zur vollständigen Füllung derselben auf 42 cm erhalten bleibt.

Nach Füllung des Kessels wird eine Stunde lang Salzlösung unter einem Druck von 2—3½ Atm. eingepreßt und die Schwellen so mit Salzlösung durchtränkt.

Während dieser Zeit ist durch die im Tränkungskessel befindliche Heizschlange die Temperatur der Flüssigkeit auf ca. 95° zu erhöhen. Damit das auf diese Weise mit wässeriger Salzlösung ziemlich satt durchtränkte Holz aufnahmefähig für Teeröl werde, werden die Schwellen, nachdem die überschüssige Salzlösung nach Beendigung der Druck-

[1]) Die Behandlung mit Dampf geschieht nur bei Anwendung schwer löslicher Salze wie Wiesesalz, um das Holz anzuwärmen und die Ausscheidung des Salzes zu verhüten; sie fällt bei Chlorzink und dergl. fort.

periode aus dem Tränkungskessel entfernt ist, sofort einer möglichst hohen Luftleere unterzogen. Zur besseren Erreichung des soeben geschilderten Zwecks ist eine kurze Unterbrechung der Luftleere durch Zulassen von Luft bei gleichzeitigem Stillstehen der Luftpumpe sehr geeignet und wird deshalb die Periode der Luftleere, die im ganzen auf $^3/_4$ Stunden bemessen wird, nach ca. $^1/_2$ Stunde durch Luftzutritt 5 Minuten lang vollständig unterbrochen.

Nachdem die Luftleere genügend gewirkt hat, wird das mindestens auf 70° erwärmte Teeröl in den Kessel eingefüllt. Darauf wird die Menge Öl, die in das Holz eingebracht werden soll, aus einem Meßgefäß eingedrückt. Die Aufnahme an Teeröl wird für jede buchene Bahnschwelle I. Klasse auf durchschnittlich 16 kg festgesetzt; demnach sind bei einer Kesselfüllung von 212 Schwellen rund 3400 kg Öl einzupressen.

Während der Behandlung der Schwellen mit Öl wird dieses durch indirekten Dampf im Tränkungskessel bis auf 80—85° C erhitzt. Eine Vorwärmung des Öles im Meßgefäß ist wegen der verhältnismäßig kleinen Menge nicht erforderlich. Um aber das Öl tief und recht gleichmäßig in die Schwellen einzubringen, ist es notwendig, daß das Einpressen der abgemessenen Menge, namentlich im Anfange, langsam vorgenommen wird und der Druck erst gegen Schluß bis auf ca. 7 Atm. steigt. Ist dies geschehen, so bleibt der Kessel ohne weitere Behandlung bei Abstellung der Druckpumpe eine Stunde unter dem erreichten Druck — der nach und nach zurückgeht — geschlossen stehen. Alsdann ist das Tränkungsverfahren beendet.

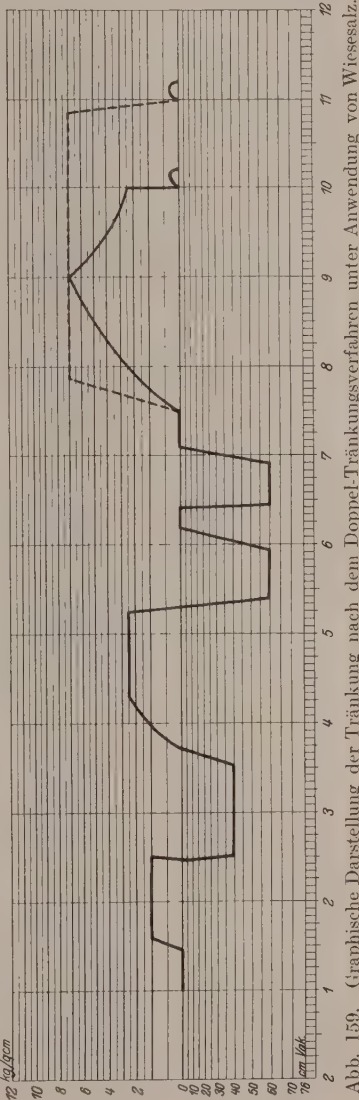


Abb. 159. Graphische Darstellung der Tränkung nach dem Doppel-Tränkungsverfahren unter Anwendung von Wiesesalz.

Die graphische Darstellung der

Tränkung von Buchenschwellen nach dem Verfahren der Doppeltränkung zeigt Abb. 159.

Zwei Hauptpunkte sind bei dem Verfahren besonders zu beachten:

1. eine möglichst vollständige Durchtränkung mit Salzlösung,
2. eine möglichst gleichmäßige Durchtränkung mit der genau bestimmten Menge Teeröl.

Da nun die Möglichkeit, die bestimmte Menge Öl in die Schwellen hineinzubringen, direkt von der Menge der vorher aufgenommenen Salzlösung abhängt, so kommt es darauf an, die letztere nicht zu hoch zu bemessen.

Die Gesamtmenge an beiden Flüssigkeiten soll pro Schwelle nicht unter 35 kg und die Menge Teeröl nicht unter 16 kg betragen. Deshalb dürfen vor der Behandlung mit Öl die Schwellen nur 18–22 kg Salzlösung enthalten.

Die Ölaufnahme ist durch Wägen oder Messen festzustellen. Ist die Aufnahme an Öl zu groß oder zu klein, so muß die Menge der aufzunehmenden Salzlösung vergrößert oder verringert werden. Die einfachste und sicherste Maßnahme hierzu ist die Erhöhung oder Verringerung der vor der Tränkung mit Salzlösung anzuwendenden Luftleere in den Grenzen von 42—60 cm.

Als wässerige Lösungen sind angewendet Zinkchlorid-, Zinksulfat- und Wiesesalzlösungen (naphthalinsulfosaures Zink), sowie wässerige Phenollösungen oder Phenolatlösungen.

Die Apparatur muß für dieses Verfahren selbstverständlich so eingerichtet sein, daß sich die beiden Flüssigkeiten nicht miteinander mischen. Dies gelingt einfach und sicher dadurch, daß die Fülleitung nach einem Punkt hin leicht geneigt ist, so daß sie von jeder Flüssigkeit vollkommen entleert werden kann. Bei sachgemäßer Ausführung der Doppeltränkung kann die Menge sowohl der aufzunehmenden wässerigen Flüssigkeit als auch des Öles auf Grund weniger Vorversuche nach Belieben reguliert und eine vollkommen gleichmäßige Verteilung des Öles im Holz erzielt werden.

Zur Regulierung der Aufnahme an Öl können folgende Mittel angewendet werden:

1. Anwendung einer mehr oder weniger hohen Luftleere vor der Behandlung mit Lauge;
2. Anwendung einer hohen Luftleere nach der Behandlung mit Lauge in Verbindung mit oder ohne Luftleere vor der Laugenbehandlung;
3. Anwendung verschiedener durch Abmessen bestimmter Mengen Lauge mit oder ohne Luftleere vor oder nach der Tränkung mit Lauge;
4. Anwendung verschiedener abzumessender Mengen Teeröl nach der unter 1, 2 und 3 beschriebenen Laugenbehandlung.

Es hat sich gezeigt, daß sogar solche Hölzer, die mit Teeröl allein nicht befriedigend durchtränkt werden konnten, mit dem Verfahren der Doppeltränkung eine ausgezeichnete Durchtränkung und Verteilung des Öles aufwiesen. Dasselbe gilt für verblaute Kiefern. Bei der Trän-

kung von Buchen ist allerdings für die Öldruckperiode ein genügend großer Zeitaufwand, namentlich aber hoher Druck, erforderlich. Das gilt auch für alle anderen, auch die jetzt angewendeten Verfahren in noch höherem Maße. Das Verfahren der Doppeltränkung unter Anwendung von Chlorzink gehört sicher zu den besten Konservierungsmethoden, sowohl was die Durchtränkung wie technische Ausführbarkeit und Schutz des Holzes angeht.

Heise hat vorgeschlagen, Holz zuerst mit geringen Mengen Öl teilweise zu durchtränken und dann mit Wasser das Öl zu verteilen. Diese Arbeitsweise, die eine umgekehrte unvollkommene Doppeltränkung darstellt, hat ganz ungenügende Resultate ergeben.

4. Das Rüping-Verfahren.

Wassermann hat sich ein Verfahren patentieren lassen (D.R.P. 138,933), das von Rüping mit glänzendem Erfolg eingeführt wurde und

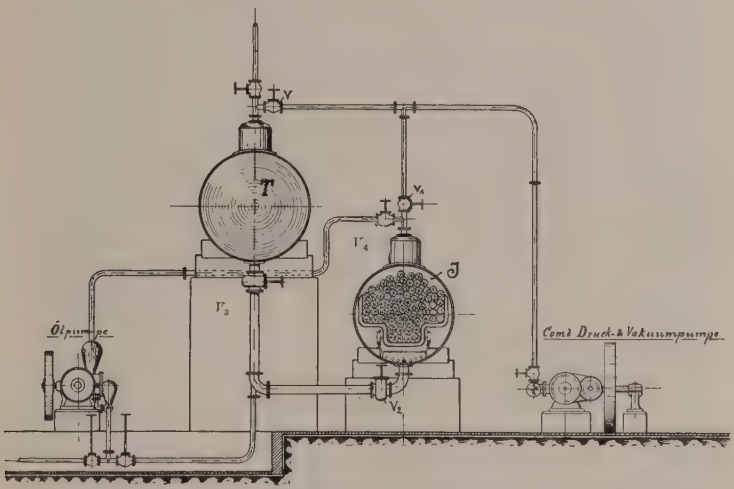


Abb. 160. Schematisches Bild einer Imprägnieranlage nach Rüping.

unter dem Namen „Rüping-Verfahren" bekannt ist. Dasselbe beruht darauf, daß die Poren des Holzes zunächst mit ziemlich hoch gespannter Preßluft gefüllt werden. Dann wird unter höherem Druck Öl in den Kessel und in das Holz eingepreßt mit der Maßnahme, daß die Preßluft während dieser Operation aus dem Holz nicht entweichen kann. Wenn die gewünschte Menge Öl in das Holz hineingedrückt ist, wird das Öl aus dem Kessel entfernt, wobei schon ein großer Teil des in dem Holz befindlichen Öles mittelst der Preßluft herausgeschleudert wird. Eine weitere Menge Öl wird aus dem Holz unter Zuhilfenahme von Luftleere herausbefördert,

die die noch im Holz befindliche Luft zur weiteren Expansion bringt. Es gelingt nicht, nach diesem Verfahren durch einmalige Anwendung

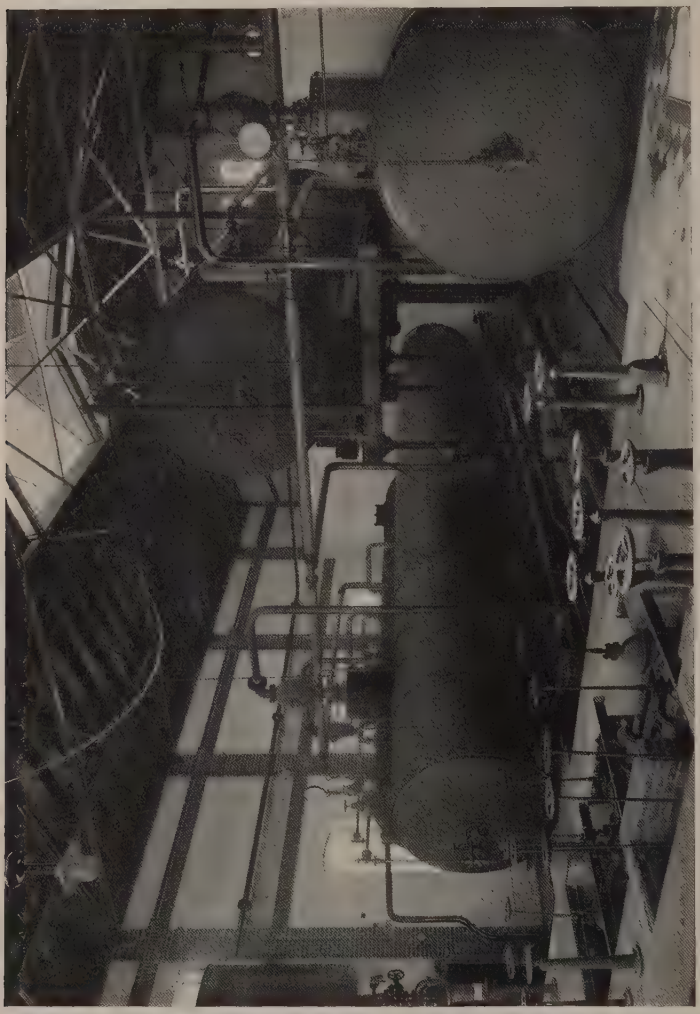


Abb. 160a. Innenansicht der Imprägnieranstalt Ohlau (Imprägnierkesselraum).

Buchenholz zu durchtränken, wohl aber durch eine zweimalige, sofort folgende Anwendung desselben Verfahrens. Dadurch wird auch bei Buchen ein vorzügliches Resultat erzielt.

Ein schematisches Bild der für die Imprägnierung nach Rüping nötigen Apparatur gibt Abb. 160.

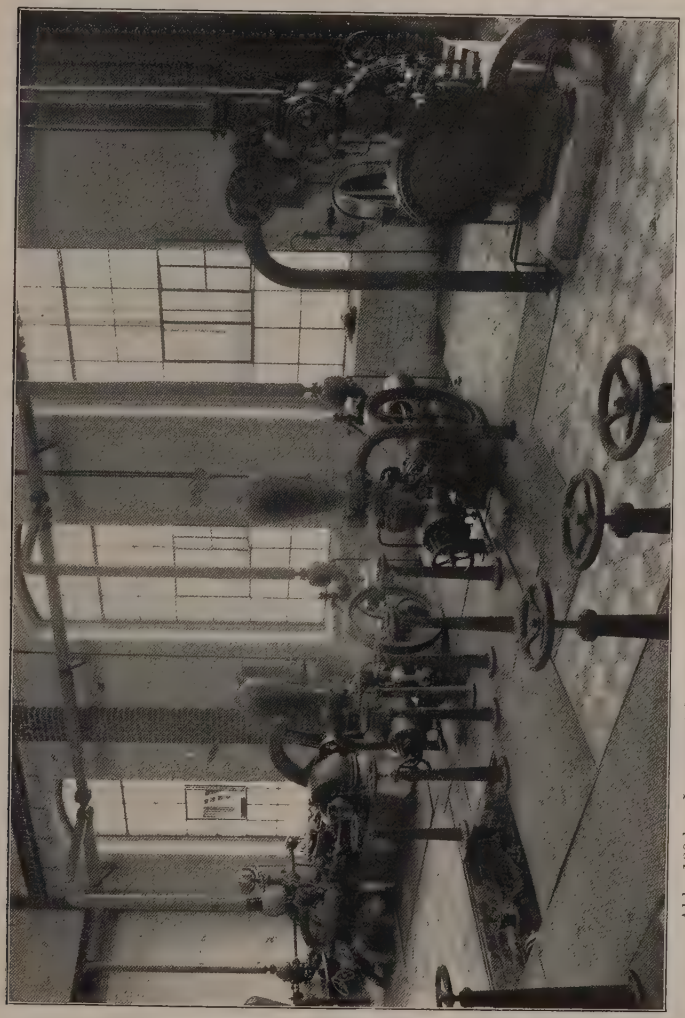


Abb. 160 b. Innenansicht der Imprägnieranstalt Ohlau (Raum für Öl- und Luftpumpen).

J ist der mit Holz gefüllte Imprägnierkessel, T der teilweise mit Öl gefüllte Ölerhitzer; diese sind durch eine Rohrleitung unter sich und

mit einer Druck- und Vakuumpumpe sowie mit einer Ölpumpe so verbunden, daß nach Belieben beide Kessel einzeln oder gleichzeitig unter Druck oder Luftleere gesetzt werden können oder der eine aus dem anderen mit Öl gefüllt werden kann mit oder ohne gleichzeitiger Füllung mit Preßluft.

Der Verlauf einer Tränkung ist folgender: Die Ventile V und V^1 werden geöffnet, während V^2, V^3 und V^4 geschlossen sind; mittelst der Druckpumpe werden nun T und J gleichzeitig mit Druckluft von beispielsweise 4 Atmosphären Überdruck gefüllt. Darauf werden V^3 und V^2 geöffnet, so daß das Öl nach T und J läuft, ohne daß der Druck in einem Apparatenteil sich ändert. Wenn J mit Öl vollständig gefüllt ist, werden alle Ventile geschlossen und nach Öffnung von V^4 mittelst der Ölpumpe so lange Öl nach J gepreßt, bis hier ein Druck von 7 oder 8 Atmosphären erreicht ist. Dann wird die Ölpumpe still gestellt, V^4 geschlossen, V^1, V^2, V^3 geöffnet und mit Druckluft das Öl aus J nach T gedrückt. Mittelst der Vakuumpumpe wird eine möglichst hohe Luftleere in J erzeugt, nachdem V, V^2, V^3 und V^4 geschlossen und V^1 geöffnet sind; nach genügend langer Dauer der Luftleere wird das durch diese aus den Schwellen ausgezogene Öl aus J entfernt, womit die Tränkung beendet ist.

In der Abb. 160a sind die beiden unteren Kessel die Imprägnierkessel, der obere Kessel der Ölvorwärmer, die durch die im Vordergrunde sichtbaren Ventile bedient werden. Abb. 160b zeigt die im selben Raume im Vordergrunde befindlichen Pumpen.

Die Ausführung der Tränkung geschieht nach den Vorschriften der Preußisch-Hessischen Eisenbahnen in folgender Weise:

a) Tränkung der kiefernen (und eichenen)[1]) Hölzer nach dem einfachen Rüping-Verfahren.

Nach Verbringen der Hölzer in den Tränkungskessel wird derselbe luftdicht verschlossen.

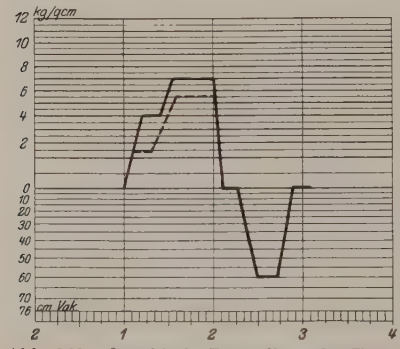


Abb. 161. Graphische Darstellung der Tränkung von Kiefernholz nach dem Rüping-Verfahren.

Alsdann wird der Tränkungskessel und der Ölvorwärmer, welche vorher durch eine geöffnete Leitung miteinander in Verbindung zu bringen sind, unter einen Luftdruck gesetzt, welcher der Art und Trockenheit der Hölzer entsprechend zu bemessen ist, jedoch nicht weniger als $1^1/_2$ Atm. und nicht mehr als 4 Atm. betragen soll.

Sobald der jeweils festgesetzte Luftdruck erreicht ist, wird derselbe weitere 5 (10) Minuten lang unterhalten.

[1]) Die eingeklammerten Ziffernwerte beziehen sich auf die Tränkung der Eichenschwelle. Der Verlauf der Eichenholz-Tränkung wird durch Abb. 163 veranschaulicht.

Alsdann wird der Tränkungskessel unter Beibehaltung des Luftdruckes mit vorgewärmtem Teeröl gefüllt. Die Temperatur des Teeröles muß im Ölwärmer mindestens 70° (95°) C betragen und darf nicht höher als 100° C sein.

Nach vollständiger Füllung des Tränkungskessels mit dem vorgewärmtem Teeröl wird eine weitere Menge Teeröl in den Tränkungskessel nachgepreßt, welche

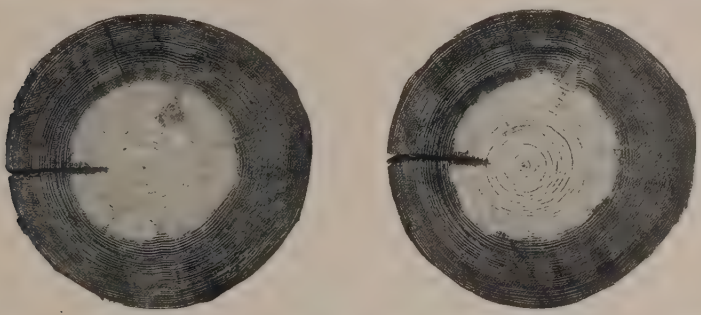


Abb. 162 a und b. Scheiben einer nach dem Rüping-Verfahren mit Steinkohlenteeröl getränkten kiefernen Telegraphenstange.

so reichlich zu bemessen ist, daß im Tränkungskessel ein Überdruck von $5^1/_2$—7 (7—8) Atm. entsteht.

Dieser Druck im Tränkungskessel ist mindestens 30 Minuten (3 Stunden) zu unterhalten. Hierauf wird das Öl aus dem Tränkungskessel entfernt. Während des Öldruckes sind die im Innern des Tränkungskessels befindlichen Heizschlangen in Tätigkeit zu setzen.

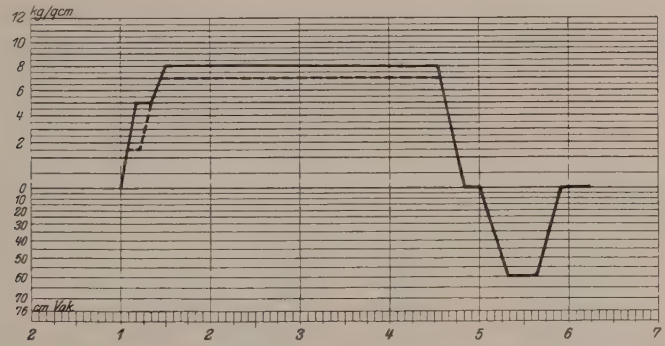


Abb. 163. Graphische Darstellung der Tränkung von Eichenholz nach dem Rüping-Verfahren.

Nach Aufheben des Druckes und Ablassen des Öles aus dem Tränkungskessel wird in demselben eine Luftleere von mindestens 60 cm Quecksilberstand hergestellt und mindestens 10 (15) Minuten lang unterhalten.

Hierauf ist die Tränkung beendet.

Die graphische Darstellung der Tränkung von Kiefernholz nach dem Rüping-Verfahren zeigt Abb. 161, während Abb. 162 zwei Scheiben

einer nach dem Rüping-Verfahren getränkten kiefernen Telegraphenstange wiedergibt. Es ist aus der Abbildung zu sehen, wie das Splintholz in seiner ganzen Tiefe von Teeröl durchtränkt und nur der Kern frei von Öl geblieben ist.

b) Tränkung der buchenen Hölzer nach dem Doppel-Rüping-Verfahren.

Nach Verbringen der Hölzer in den Tränkungskessel wird derselbe luftdicht verschlossen.

Alsdann wird der Tränkungskessel und der Ölvorwärmer, welche vorher durch eine geöffnete Leitung miteinander in Verbindung zu bringen sind, unter einen Luftdruck gesetzt, welcher der Art und Trockenheit der Hölzer entsprechend bemessen ist, jedoch nicht weniger als $^1/_2$ Atm. und nicht mehr als 4 Atm. betragen soll.

Sobald der jeweils festgesetzte Luftdruck erreicht ist, wird derselbe weitere 15 Minuten lang unterhalten. Alsdann wird der Tränkungskessel unter Beibehaltung des Luftdruckes mit vorgewärmtem Teeröl gefüllt. Die Temperatur des Teeröles muß im Ölvorwärmer mindestens 95° C betragen und darf nicht höher als 100° C sein.

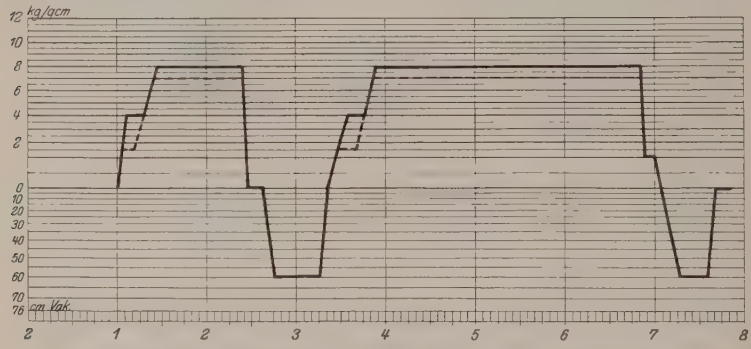


Abb. 164. Graphische Darstellung der Tränkung von Buchenholz nach dem Doppel-Rüping-Verfahren.

Nach vollständiger Füllung des Tränkungskessels mit dem vorgewärmten Teeröl wird in den Tränkungskessel eine weitere Menge Teeröl nachgepreßt, welche so reichlich zu bemessen ist, daß im Tränkungskessel ein Überdruck von 7—8 Atm. entsteht.

Dieser Druck im Tränkungskessel ist eine Stunde zu unterhalten. Während des Flüssigkeitsdruckes sind die im Innern des Tränkungskessels befindlichen Heizschlangen in Tätigkeit zu setzen. Nach Beendigung des Druckes wird das Öl aus dem Tränkungskessel entfernt.

Nach Aufheben des Druckes und Ablassen des Öles wird in demselben eine Luftleere von mindestens 60 cm Quecksilberstand hergestellt und mindestens 30 Minuten lang unterhalten.

Sodann werden der Tränkungskessel und der Ölvorwärmer von neuem unter einen Luftdruck gesetzt, welcher jedoch nicht geringer als $2^1/_2$ Atm. und nicht höher als 4 Atm. zu bemessen ist. Dieser Luftdruck wird sodann wieder weitere 15 Minuten lang unterhalten. Unter Beibehaltung des Luftdruckes wird der Tränkungskessel zum zweitenmal mit vorgewärmtem Teeröl gefüllt, dessen Temperatur im Ölvorwärmer 95—100° C betragen soll.

Durch die Druckpumpe wird hierauf der Druck im Tränkungskessel auf 7—8 Atm. gesteigert und 3 Stunden lang auf dieser Höhe unterhalten. Die Heizschlangen im Tränkungskessel sind während des Öldruckes wiederum in Tätigkeit zu setzen.

Nach dem Ablassen des Öles aus dem Tränkungskessel wird in demselben abermals ein Vakuum von mindestens 60 cm Quecksilbersäule erzeugt und weitere 30 Minuten unterhalten.

Hierauf ist die Tränkung beendet."

Die graphische Darstellung der Tränkung von Buchenholz nach dem Doppel-Rüping-Verfahren zeigt Abb. 164.

Das Rüping-Verfahren hat sich für alle in Frage kommenden Holzarten vollkommen bewährt.

Vorbedingung für gute Erfolge mit demselben ist, wie das auch in den Verträgen mit der Preuß. Staatsbahn zum Ausdruck gebracht ist, gesundes und trockenes Holz; blaue und nasse Hölzer durchtränken sich nicht befriedigend.

5. Kombinierte Rüping-Verfahren.

a) Rüping-Rütgerswerke.

Den Rütgerswerken ist es gelungen, das Rüping-Verfahren auch für nasse Hölzer geeignet umzugestalten. Sie verfahren dabei in der Weise, daß der ersten Periode des Rüping-Verfahrens ein Trocknungsprozeß vorgeschoben wird, derart, daß die Hölzer in heißem Öl hinreichend lange unter geringer Luftleere erhitzt werden. Hierdurch soll das Wasser des Holzes verdampft und in gleicher Weise wie bei dem Volltränkungsverfahren mit erhitztem Teeröl entfernt werden. Nachdem dieser Trocknungsprozeß genügend durchgeführt ist, wird das Öl abgelassen und dann das Rüping-Verfahren in vorbeschriebener Weise durchgeführt. Es gelingt auf diese Weise z. B., Rammkiefern vorzüglich zu durchtränken, die, wie es meist der Fall ist, frisch geschlagen und so wenig ausgetrocknet sind, daß ihre Tränkung nach irgendeinem anderen Verfahren nicht möglich ist.

b) Heidenstam-Rüping.

Eine Abänderung des Rüping-Verfahrens hat Heidenstam vorgeschlagen: Nachdem die Preßluft einige Zeit auf das Holz gewirkt und dasselbe gefüllt hat, wird der Kessel entlüftet und sofort mit Öl gefüllt. Hierauf ist das Rüping-Verfahren, wie beschrieben, anzuwenden. Heidenstam behauptet, daß hierbei nur die Preßluft aus dem Splintholz entweicht und die in das Kernholz eingepreßte Luft dabei darin bleibt, sowie daß die auch nach seinem Vorschlag im Holz, namentlich im Kernholz, verbleibende Luft zur vollständigen Entleerung der Splintholzzellen von Öl genügt. Es hat sich durch Versuche feststellen lassen, daß besonders bei dicht gewachsenen Hölzern, wie Buchen, die in dieselben eingepreßte Luft allerdings ziemlich lange zum Entweichen unter gewöhnlichem Luftdruck gebraucht, aber es läßt sich auch voraussehen, daß durch diese Abänderung das Rüping-Verfahren nicht gewinnt, da verschieden dicht gewachsene Hölzer in einer Operation verschieden leicht die Preßluft verlieren und deswegen verschiedene Resultate geben müssen.

Die Wirkung der Preßluft beim Rüping-Verfahren hat man sich so zu erklären:

In jeder Zelle wird durch das eingepreßte Öl die vorhandene Luft dem Druck entsprechend zusammengepreßt und der übrige Teil des Zellinnern mit Öl gefüllt; die Zellwände werden dabei durchtränkt; es bleibt also die vor Beginn des Öleinpressens in jeder Zelle enthaltene Luft in derselben und wird nicht etwa in die Mitte der Schwelle vorgeschoben. Beim Ablassen des Druckes und des Öles aus dem Kessel dehnt sich die stark zusammengepreßte Luft aus und schleudert das Öl vor sich her aus der Schwelle heraus. Durch Anwendung der Luftleere wird dieser Vorgang vervollständigt.

6. Sparträukung mit Emulsionen.

In gleicher Weise wie die Tränkverfahren mit Salzlösungen eigentlich als Sparverfahren anzusehen sind, da die wässerigen Lösungen schon so dünn angewendet werden, daß die Menge des eigentlichen Tränkungsstoffes, des Salzes, nach unten hin begrenzt ist, ist auch versucht worden, die Volltränkung mit Öl als Sparverfahren auszubilden. Man benutzte dabei nach dem Vorschlage der chemischen Eisenbahn-Versuchs-Anstalt die Eigenschaft gewisser Öle, durch geeignete Behandlung mit Seife Emulsionen von fast unbegrenzter Verdünnbarkeit zu geben. Wenn man Steinkohlenteeröl mit einer konzentrierten Lösung von Harzseife innig vermischt, so entsteht eine salbenartige Masse, die, unter Rühren ins Wasser gegossen, eine vollkommen gleichmäßige Emulsion gibt. Unter dem Mikroskop betrachtet, erweisen sich die Öltröpfchen als gleich groß und wesentlich feiner, wie z. B. die Butterkügelchen in der Milch; sie haben bei richtiger Herstellung kaum einen größeren Durchmesser als 0,1—0,3 μ. Eine Emulsion, in der das Öl so fein verteilt ist, läßt sich durch den Splint des Kiefern- und Eichenholzes mit Leichtigkeit unverändert hindurchdrücken, so daß sich diese Hölzer mit Teerölemulsion tadellos durchtränken lassen. Da man eine solche Emulsion von ungefähr 25% Ölgehalt beliebig stark verdünnen kann, so ergibt sich hierdurch ein Sparverfahren, das gestattet, die genannten Hölzer mit ganz beliebig geringen Mengen Öl gleichmäßig zu durchtränken. Es wurde nach diesem Verfahren die schon früher mehr theoretisch festgestellte antiseptische Kraft des Teeröles praktisch bestätigt.

Kieferne Schwellen wurden mit einer Emulsion von 5 und 2,5% Teeröl getränkt und dann im Fäulniskeller der Einwirkung von Polyporus vaporarius in der Weise unterworfen, daß mit kräftig wachsendem Myzel durchzogene Holzstücke auf die Versuchsstücke aufgenagelt wurden und stets nach dem durch die Teeröldünste verursachten Absterben des Pilzes diese durch neuinfizierte Hölzer ersetzt wurden. Nach Verlauf von 3 Jahren war das nicht imprägnierte Kernholz der Versuchsstücke vollständig der Fäulnis anheimgefallen, während das imprägnierte Splintholz noch nach 13 Jahren sich als vollständig hart und gesund erwies. Es wäre also durch die Tränkung mit Emulsionen für Kiefern und Eichen ein geradezu ideales Tränkverfahren geschaffen, wenn nicht erstens zur Emulgierung nur ganz bestimmte Öle geeignet wären und zweitens die Emulsion selbst nicht zu empfindlich gegen Salze, Säuren und dgl. wäre.

Ein nur geringfügiger Gehalt des Teeröles an sauren, karbolsäurehaltigen Ölen macht dasselbe zur Emulgierung ungeeignet. In gleicher Weise wirken die wasserlöslichen Stoffe des Teeröles, wie z. B. Pyridin. Es muß also ein zur Emulgierung bestimmtes Teeröl zunächst durch Behandlung mit Säure und Alkalien von diesen Stoffen befreit werden, um haltbare und brauchbare Emulsionen zu ergeben. Durch diese Vorbereitung wird aber das Imprägnieröl sehr verteuert. Die Haltbarkeit der Emulsion ist eine allerdings ganz vorzügliche, wenn sie vor allen Verunreinigungen bewahrt wird, aber schon geringe Mengen Salz, Säuren und dgl. genügen, um die Emulsion unter Ausscheidung des Öles zu zersetzen. Für die Tränkung von Buchen ist diese wie auch die weiter zu besprechende Chlorzinkemulsion untauglich, da beide in Buchenholz filtrieren und nur die äußersten Holzschichten Öl erhalten. Aus diesen Gründen ist dieses Verfahren über das Versuchsstadium nicht hinausgekommen.

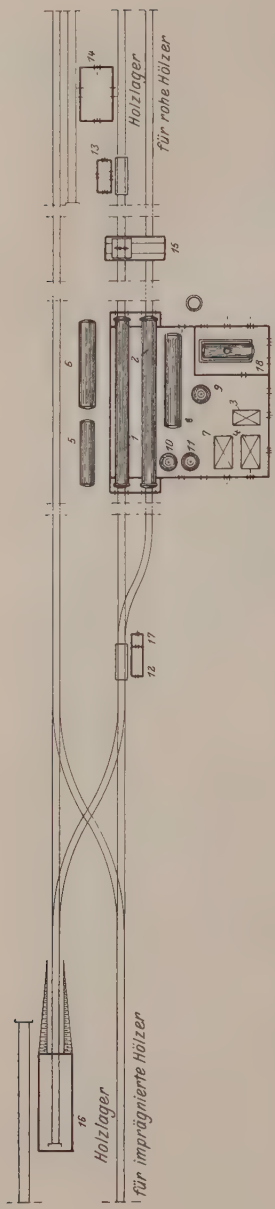
Ein gleiches Verfahren ist unter Anwendung der Emulsion von wässeriger Chlorzinklösung mit Steinkohlenteeröl unter Zusatz von Holzteer vorgeschlagen: Eine Mischung von Teeröl mit Chlorzink hält sich, selbst wenn sie noch so innig hergestellt ist, nur wenige Minuten. Enthält das Teeröl aber eine wenn auch geringe Menge Holzteer, so läßt sich durch Durchblasen von Luft durch die erwärmte Masse eine Mischung erzeugen, die selbst nach tagelangem Stehen vollkommen gleichmäßig bleibt und sich auch beim Imprägnieren ziemlich gleichmäßig im Holze verteilt. Diese Emulsion wird durch längeren Gebrauch immer haltbarer und wird dann auch nicht durch Säuren oder Salze leicht zersetzt. Durch Zumischen von wässeriger Chlorzinklösung kann der Gehalt der Mischung an Teeröl beliebig geändert werden.

Wie an anderer Stelle bereits ausgeführt, ist in früheren Zeiten die Lieferung und Abnahme der Hölzer namentlich in Massen nicht immer mit der nötigen Peinlichkeit und Sorgfalt erfolgt, so daß zur Tränkung häufig nicht ganz einwandfreie Hölzer gelangten.

Es ist klar, daß solche Hölzer selbst durch gute Tränkung keine besondere Verlängerung der Lebensdauer erfahren konnten, sie mußten die statistische Lebensdauer ungünstig beeinflussen und so ein falsches Bild ergeben. Tatsächlich sind ja auch die Statistiken aus früheren Zeiten so widersprechend, daß ihnen nur ein bedingter Wert für diese Frage zugesprochen werden kann. Es sind deshalb nur solche Zahlen angeführt, die einwandfrei sind und sich auf Hölzer beziehen, die in Beschaffenheit, Herkunft, Tränkung usw. genau bekannt sind; auch sind Versuche nur dann eingehend beschrieben, wenn sie noch unbekannt oder wenn dies zum Verständnis erforderlich erschien.

VI. Ein modernes Imprägnierwerk.

Zum Schluß dieses Kapitels über Tränkungsmethoden unter Zuhilfenahme maschineller Vorrichtungen sei in Abb. 165 noch die Skizze eines modernen mit Vakuum und Druck arbeitenden Imprägnierwerkes gegeben.



Zeichenerläuterung:
1. 2. Imprägnierkessel.
3. Druckluftpumpe für Preßluft von 15 Atm.
4. „ „ „ 7 „
5. Behälter für Preßluft von 15 Atm.
6. „ „ „ „ 7 „
7. Vakuumpumpe.
8. Ölvorwärmer.
9. Kühler.
10. 11. Meßgefäße.
12. 13. Wagen.
14. Hobelmaschine.
15. Schiebebühne.
16. Ladekrane.
17. Elektrisches Spill.
18. Dampfkessel.

Abb. 165. Imprägnierwerk.

Die in den Imprägnierzylindern befindlichen Schienen und die Unterkante des Überlaufgefäßes liegen in Schienenhöhe der Außengleise, während die Unterkante des Arbeitsgefäßes in gleicher Höhe mit der Oberkante der Zylinder liegt.

Die zur Durchführung des Betriebes noch notwendigen Schienenanlagen nnd Spillseile sind in der Skizze fortgelassen, da sie jeweils der Größe und Form des Platzes angepaßt werden müssen.

Der Betrieb einer solchen Anstalt ist folgender:

Die maschinellen Anlagen liegen in der Mitte des langgestreckten Holzplatzes. Die Imprägnierzylinder sind so konstruiert, daß sie an beiden Enden geöffnet werden können. In der Skizze rechts von den maschinellen Anlagen ist der Stapelplatz für das rohe Holz, links dieser für das imprägnierte Holz. Die mit dem rohen, für die Tränkung zubereiteten Holz beladenen Wagen kommen nun von rechts über die Brückenwage auf die Schiebebühne, vermittelst dieser werden sie vor dem Zylinder gebracht, zu dessen Füllung sie dienen sollen. Die Gleisstrecke zwischen der Schiebebühne und der Zylinderöffnung muß so bemessen sein, daß eine ganze Zylinderfüllung darauf zusammengestellt werden kann, solange die vorhergehende Füllung sich noch im Zylinder befindet. Wird der Zylinder nun nach links entleert, so wird er gleichzeitig von rechts her wieder frisch beschickt. Die aus dem Zylinder ausfahrenden Wagen mit getränkten Hölzern

gehen über die zweite Brückenwage entweder nach der Rampe zur Umladung in Eisenbahnwaggons, oder auf den Holzplatz zur Stapelung.

Mittelst der Preßluft von 7 Atm. werden die Bewegungen des Öles bewirkt, die Preßluft von 15 Atm. dient zum Einpressen von Öl aus den Meßgefäßen 10 und 11 in die mit Öl gefüllten Tränkkessel in das mit Luft gefüllte Holz.

C. Konservierungsmittel.

Die für die Konservierung von Holz angewendeten Mittel sind:

a) wässerige Salzlösungen,
b) Öle,
c) Mischungen von beiden,
d) Lösungen von harzartigen Körpern in geeigneten Lösungsmitteln.

I. Wässerige Salzlösungen.

Zur Imprägnierung von Holz sind im Laufe der Zeit wohl sämtliche, technisch greifbaren Salze in wässeriger Lösung verwendet. Es kann gleich hier festgestellt werden, daß von Laien häufig die Ansicht geäußert wird, da zum Gedeihen der holzzerstörenden Pilze Feuchtigkeit nötig ist, die Anwendung von wässerigen Flüssigkeiten zur Holzkonservierung einen grundsätzlichen Fehler bedeute: diese Ansicht ist grundfalsch und entspricht nur einer mangelnden Erkenntnis der die Konservierung bedingenden Vorgänge. Es ist ganz gleichgültig, ob das konservierte Holz viel Wasser enthält oder nicht, wenn dieses nur genügend starke und genügend viel antiseptische, pilztötende Salze enthält. Selbst das mit Teeröl getränkte Holz weist nach kurzer Liegezeit im Gleise viel größere Mengen Wasser auf, als die holzzerstörenden Pilze bedürfen. Letztere wandern darum aber doch nicht in das Holz ein, sondern werden durch das Teeröl trotz des Wassers ferngehalten; dasselbe tut z. B. wässerige Chlorzinklösung.

Sowohl lösliche Salze der Alkalien, wie der Erdalkalien und der Metalle sind zur Holzkonservierung herangezogen worden, und zwar für sich allein wie in allen denkbaren Mischungen. Im allgemeinen haben sich die Salze der Alkalien als gänzlich unbrauchbar erwiesen, da sie entweder keine genügende antiseptische Kraft besitzen oder sogar, wie das mehrfach vorgeschlagene Wasserglas, das Holz zerstören. Nur mit den Fluoriden und Silikofluoriden der Alkalien sind bemerkenswerte Erfolge erreicht. Auch die löslichen Salze der Erdalkalien sind unbrauchbar. Im Gegensatz hierzu war die Anwendung der Metallsalze von mehr oder weniger großem Erfolge begleitet. Man hat auch versucht, durch aufeinanderfolgende Tränkungen mit verschiedenen Salzen, die miteinander reagieren und unlösliche Niederschläge bilden, Holz zu konservieren. Alle diese Versuche sind fehlgeschlagen.

1. Alkalisalze.

Es wurden konzentrierte Kochsalzlösung, Mutterlauge aus der Kaliindustrie, Borax und Wasserglas herangezogen. Die konservierende Wirkung dieser Salze ist in konzentrierter Lösung zweifellos eine kräftige, aber in allen Fällen, wo die Atmosphärilien zur Geltung kommen können, sind diese leicht löslichen Salze in verhältnismäßig kurzer Zeit so ausgewaschen, daß die damit imprägnierten Hölzer schutzlos werden. Die mit diesen Alkalisalzen getränkten Hölzer haben sich im Großbetrieb mit Ausnahme der Fluor- und Kieselfluorsalze von Kalium und Natrium nicht bewährt. Ihre Anwendung erfolgte in gleicher Weise wie die des Chlorzinks, nur mußte die Lösung des Kieselfluornatriums dem Holze möglichst heiß einverleibt werden. Die Löslichkeit dieses Salzes ist in der Siedehitze etwa zehnmal so groß wie bei gewöhnlicher Temperatur. Wendet man eine heißgesättigte Lösung an, so scheidet sich nach der Tränkung $^{9}/_{10}$ des Salzes im Holze aus. Dieses ausgeschiedene Salz ist nicht leicht auswaschbar, wie auch durch Vergleiche mit Chlorzinkschwellen erhärtet werden konnte. Die Tränkung mit Kieselfluornatrium, das selbst ein starkes Antiseptikum ist, verleiht den Hölzern einen langdauernden Schutz; solche Hölzer haben sich in Gruben gut bewährt.

Fluornatrium und Kieselfluornatrium. Von den Fluoriden und Silikofluoriden kommt nur in Frage Fluornatrium und Kieselfluornatrium. Beide Präparate haben hohe antiseptische Wirkung und sind, solange sie im Holz vorhanden sind, gut geeignet, dasselbe gegen holzzerstörende Pilze zu schützen. Bei einer Wahl zwischen diesen Salzen wird man dasjenige zur Konservierung wählen, welches in kaltem Wasser am schwersten löslich, aber doch noch genügend stark zum Abtöten von Pilzen ist, dabei muß es in heißem Wasser noch so leicht löslich sein, daß mit der heißen Lösung noch eine genügende Menge in das Holz eingebracht werden kann. Diese Bedingungen treffen zu für das Kieselfluornatrium, das zuerst von Hoettger zur Holzkonservierung vorgeschlagen und auch in großer Menge und mit gutem Erfolg für die Imprägnierung von Grubenstempeln verwendet worden ist. Die Anwendung geschieht so, daß nach einem bekannten Verfahren Holz mit einer heißen, gesättigten Lösung von Kieselfluornatrium getränkt wird. Die damit getränkten Grubenhölzer haben heute bereits die mehrfache Lebensdauer aufzuweisen, gegenüber gleichzeitig mit ihnen eingebauten Versuchshölzern, die entweder roh oder mit anderen Salzen getränkt wurden, wie sie z. B. Hasselmann und Herre angewendet haben. Es ist vorauszusetzen, daß auch mit Kieselfluornatrium getränkte Hölzer, die starkem Wasserzufluß ausgesetzt sind, dadurch allmählich ihres Schutzes beraubt werden, aber unter normalen Verhältnissen hat ihre Verwendung durchaus befriedigt.

Ein Gedanke, Holz durch Erzeugung eines unlöslichen Fluorides in demselben zu konservieren, stammt von Bub, der vorgeschlagen hat, Hölzer nacheinander mit einer Lösung der Kalziumsalze von Sulfosäuren aromatischer Kohlenwasserstoffe (Naphthalin, Anthrazen usw.)

oder Gemische derselben und einer Lösung von Metallfluoriden, z. B. Zinkfluorid, zu tränken.

Der Erfolg hiervon ist lediglich die Erzielung eines unlöslichen Niederschlages von Fluorkalzium und die Bindung geringer Mengen von sulfosaurem Zink im Holz. Durch die wirtschaftlichen Verhältnisse ist bedingt, daß auch die Menge des im Holz erzeugten sulfosauren Zink nur sehr gering sein kann und daß die Beeinflussung des Holzes in physikalischer Beziehung gleich Null ist; die konservierende Wirkung von Fluorkalzium ist ebenfalls gleich Null. Das teure Fluorsalz ist also zwecklos vergeudet. Im übrigen ist die Wirkung des Verfahrens in bezug auf die Konservierung gegen holzzerstörende Pilze gleich derjenigen der noch zu besprechenden Tränkung mit Wiesesalz bei Anwendung gleicher Mengen sulfosauren Zinkes.

2. Zinksalze.

Zinkchloridlösung. Von den Zinksalzen ist das am meisten angewendete das Zinkchlorid; die Tränkungsart ist bereits beschrieben, die Erfolge sind umstritten. Es hat sich nun gezeigt, daß die meisten Behauptungen von der schädlichen Wirkung des Zinkchlorids falsch oder übertrieben sind. Die beiden schärfsten Vorwürfe gegen das Zinkchlorid sind dessen Auswaschbarkeit und seine angebliche zerstörende Wirkung auf das Holz.

Um das Auswaschen des sehr löslichen Chlorzinks zu verhindern, hat man die damit getränkten Hölzer einer weiteren, aufeinanderfolgenden Behandlung, zuerst mit Gerbsäure- und dann mit Leimlösung unterworfen, in der Absicht, die an den Außenflächen des Holzes mündenden kleinen, offenen Kanäle mit unlöslichen Pfropfen der Verbindung von Gerbsäure und Leim zu verschließen. Das Verfahren hat dem gewöhnlichen Verfahren der Tränkung von Holz mit Zinkchlorid gegenüber keine nennenswerten Erfolge gezeitigt. Wie bereits früher ausgeführt, können in die mit einer wässerigen Flüssigkeit satt getränkten Hölzer durch einfache weitere Behandlung mit einer zweiten und dritten Flüssigkeit nicht mehr nennenswerte Mengen hineingepreßt werden und aus diesem Grunde kann die Verbindung von Leim und Gerbsäure sich nur auf der Oberfläche des Holzes bilden, nicht aber im Holz.

Chlorzink-Teeröl-Mischung. Ein anderer Weg wurde versucht, die Auswaschbarkeit des Zinkchlorids dadurch zu verhindern, daß man dem Zinkchlorid Öl beimischte und mit dieser Mischung das Holz in bereits beschriebener Weise behandelte. Hierdurch sollte das Holz mit Zinkchlorid getränkt werden und das Öl sich in den äußeren Schichten des Holzes ablagern, in den äußersten Schichten des mit Zinkchlorid getränkten Holzes einen wasserundurchlässigen Mantel bilden und so das Auswaschen des Zinkchlorids verhindern.

Es hat sich gezeigt, daß während langer Zeit die Ergebnisse der Tränkungen mit dieser Chlorzink-Teerölmischung außerordentlich verschieden waren; bald waren die untersten Hölzer nur mit Öl getränkt und die der oberen Lagen nur mit Zinkchlorid, bald war es umgekehrt.

Der Grund hierzu wurde gefunden in Fehlern, sowohl der Apparatur, wie der Ausführung. Wenn man wässerige Zinkchloridlösung mit Teeröl längere Zeit kräftig schüttelt, so erhält man eine innige Mischung, die sich aber bei ruhigem Stehen nach wenigen Minuten schon in die beiden Komponenten zerlegt, und diese Zerlegung an dem Auftreten der beiden Substanzen übereinander, entsprechend ihren spezifischen Gewichten, erkennen läßt.

Wenn man nun mit einer guten Mischung von Teeröl und Zinkchlorid Holz gleichzeitig tränken will, so muß man das Einströmen der Mischung in den Kessel möglichst momentan bewirken, damit die beiden Bestandteile keine Zeit haben, sich abzuscheiden. Vielfach hat man in gänzlicher Verkennung dieses Umstandes die Füllung des Kessels mit Absicht außerordentlich langsam vor sich gehen lassen, z. B. dadurch, daß man die Füllrohre sehr eng wählte und hat so die Füllung des Kessels bis auf 20, 25 und mehr Minuten ausgedehnt. Die Folge davon war die Trennung der Mischung in ihre Bestandteile. Da die Füllung des Kessels unter Vakuum vorgenommen wurde, konnte während dieser Zeit kein Tränkstoff in das Holz eindringen. Wurde nun nach beendeter Füllung des Kessels die Tränkungsflüssigkeit in das Holz eingepreßt, so erhielten die einen Hölzer nur Zinkchlorid, die anderen nur Teeröl. Nachdem dies erkannt war, wurden die zu engen Füllrohre durch weitere von genügendem Durchmesser ersetzt, wodurch es gelang, die Füllzeit auf 4 Minuten herabzudrücken. Bei diesem schnellen Einströmen der Mischung in den Kessel wurde dieselbe fortwährend so durchgepeitscht, daß in der kurzen Zeit eine Trennung nicht oder wenigstens nicht nennenswert stattfand. Dementsprechend war das Ergebnis der Tränkung in bezug auf Gleichmäßigkeit der Schwellen in den verschiedenen Schichten des Kessels bei sorgfältigem Arbeiten ein recht befriedigendes.

Emulsion von Zinkchloridlösung mit Teeröl. Eine weitere, bedeutende Verbesserung der Haltbarkeit der Mischung während des Tränkungsprozesses wurde dadurch erzielt, daß man dem Steinkohlenteeröl eine geringe Menge Holzteer zusetzt. Wenn eine Mischung von Zinkchloridlösung mit holzteerhaltigem Steinkohlenteeröl längere Zeit mit Luft unter Erwärmung durchgeführt wird, so erhält man schließlich eine Mischung, die sich Tage und Wochen lang gleichmäßig hält. Mit einer solchen Mischung läßt sich eine vollkommen gleichmäßige Durchtränkung des Holzes in allen Schichten des Kessels erreichen. Die Wirkung des Holzteerzustandes besteht höchstwahrscheinlich darin, daß aus dem Holzteer durch die durchgeblasene Luft Oxydationsprodukte entstehen, die im Öl gelöst bleiben und demselben die Eigenschaft verleihen, in wässeriger Zinkchloridlösung haltbare Emulsion zu ergeben. Ähnliche Verhältnisse hat Boleg festgestellt. Er behandelt Gasöl und ähnliche Öle mit Luft unter Erwärmen in geeigneter Weise und erhielt so Oxydationsprodukte, aus denen sich durch Behandlung mit Alkalien seifenartige Körper bilden ließen, die die Fähigkeit hatten, andere Öle zu emulgieren. Die Emulsion von holzteerhaltigem Teeröl mit Zinkchloridlösung ist eine derartig feine und haltbare, daß es sogar gelingt, nicht allein das

Holz in den verschiedenen Schichten des Kessels mit gleichen Mengen Zinkchlorid und Öl zu durchtränken, sondern daß sogar in den so behandelten Hölzern das Teeröl in den durchtränkbaren Teilen des Holzes praktisch vollkommen gleichmäßig verteilt ist; dies gelingt bei der gewöhnlichen Mischungstränkung ohne Holzteerzusatz nur in gewissen Fällen. Das für die Mischungstränkung verwendete Teeröl mußte nach den Vorschriften einen Gehalt an sauren Ölen von mindestens 20—25% aufweisen. Wenn nun eine Mischung mit solchem Öl und Zinkchloridlösung hergestellt wird, so geht ein Teil der sauren Bestandteile des Öles in die wässerige Lösung und es entsteht so eine ziemlich starke Lösung von karbolsaureartigen Stoffen in wässeriger Zinkchloridlösung. Karbolsäure löst nun Teeröl in jedem Verhältnis. Aber auch die wässerige Karbolsäurelösung löst gewisse Mengen Teeröl und eine solche Lösung hat wiederum die Fähigkeit, in gewissem, allerdings beschränktem Maße mit Teeröl eine einigermaßen haltbare Emulsion zu geben. Wenn nun das so stark karbolsaurehaltig gemachte Teeröl und die Zinkchloridlösung bei der Tränkungstemperatur gleiche oder annähernd gleiche spezifische Gewichte besitzen, so zeigt die Mischung eine bemerkenswerte Haltbarkeit, das Teeröl läuft nicht in größeren Tropfen zusammen, sondern bleibt in kleinen Tröpfchen einige Zeit verteilt. In solchen Fällen war auch die Verteilung des Öles in den durchtränkbaren Teilen des Holzes selbst eine recht befriedigende. Waren aber die spezifischen Gewichte der beiden Flüssigkeiten nicht richtig gewählt, und bei dem großen Spielraum, der in dieser Beziehung für das Teeröl gelassen war, war das häufig der Fall, dann war selbst bei sonst gleichmäßiger Verteilung des Öles in der Mischung während der Tränkung die Durchtränkung des Holzes eine solche mit Zinkchlorid unter Bildung eines dünnen Mantels von Öl. Man hat es also tatsächlich in der Hand, durch die geschilderten Mittel Holz mit einer Mischung von Öl mit einer wässerigen Zinkchloridlösung so zu durchtränken, daß das Zinkchlorid und das Teeröl, jedes für sich, in allen durchtränkbaren Teilen des Holzes gleichmäßig verteilt ist, oder daß in der Hauptsache die Hölzer mit Chlorzink getränkt und in den äußersten Schichten mit einem Ölmantel versehen sind; besonders leicht ist das bei dem Splint der Kernhölzer durchzuführen.

Wiesesalz. Endlich hat man noch versucht, das Auswaschen der Zinksalze dadurch zu verhindern, daß man ein in der Hitze leicht, in der Kälte aber schwer lösliches Zinksalz wählte. Ein solches Salz hat sich im β-naphthalinsulfosauren Zink, dem Wiesesalz, gefunden. Die Löslichkeitsverhältnisse dieses Salzes sind derart, daß in hundert Teilen Lösung bei 100° C 8,92 Teile Salz und bei 20° C 1,17 Teile Salz gelöst sind. Tränkt man also Holz mit einer heiß gesättigten Lösung dieses Salzes, so kristallisieren beim Erkalten ca. $^7/_8$ des Salzes aus und die verbleibende Mutterlauge enthält noch $^1/_8$ desselben. Eine solche Lösung macht aber Holz noch steril. Das einmal auskristallisierte Salz gebraucht immer geraume Zeit zur Lösung, und so ist in dem mit heißer Wiesesalzlösung getränkten Holz ein Stock von Imprägnierstoff vorhanden, der lange Zeit braucht, um in Lösung gehen und ausgewaschen werden zu können. Eine Schwierigkeit bei der Tränkung hiermit ist die

erwähnte Tatsache, daß das Salz so schwer in Lösung geht. Frisches Salz muß stundenlang bis zur vollkommenen Lösung gekocht werden, und wenn dieser Umstand außer acht gelassen wird, kann es vorkommen, daß die Lösung trotz der Anwendung richtiger Mengen des Salzes dasselbe nicht gelöst, sondern teilweise nur suspendiert enthält. Das ungelöste Salz lagert sich beim Tränken auf der Oberfläche des Holzes ab und ist für die Konservierung verloren. Umgekehrt ist die Menge des in das Holz eingebrachten Konservierungsstoffes dann zu gering. In richtiger Weise mit Wiesesalz getränkte Grubenhölzer haben sich bis jetzt ca. 4 und 5 Jahre einwandfrei gehalten. Diese Beobachtungszeit ist allerdings gering, doch ist das Resultat gegenüber ungetränkten Hölzern ein immerhin beachtenswertes und auch nach den bisherigen Ergebnissen eine weit längere Lebensdauer mit Sicherheit anzunehmen.

Schädliche Wirkung der Zinkchloridlösung auf Holz und Eisen. Der zweite Fehler, der dem Zinkchlorid nachgesagt wird, ist die angebliche Zerstörung von Holz und Eisenteilen des Eisenbahnoberbaues. Dieser Fehler ist nun nicht dem Zinkchlorid an und für sich eigen, sondern es konnte nachgewiesen werden, daß in solchen Fällen die Schädigung auf einem Gehalt der Zinkchloridlösung an verhältnismäßig viel freier Salzsäure beruhte. Zur Herstellung von Zinkchlorid wurden alte Zinkabfälle in Salzsäure aufgelöst und wenn hierbei nicht sorgfältig verfahren wurde, so enthielt die entstandene Lauge häufig reichliche Mengen freier Säure. Werden mit solch saurer Lösung Schwellen getränkt, so konnte man beobachten, daß diese Schwellen verhältnismäßig schnell in oft sehr hohem Grade zerstört wurden. Ganz auffällig stark trat die Zerstörung an den Schienenauflagern ein, während die übrigen Teile der Schwellen vollkommen gesund bleiben. In dem zerstörten Holz war Pilzmyzel nicht nachzuweisen, auch nicht in den benachbarten Holzteilen, wohl aber enthielt das zerstörte Holz ganz außergewöhnlich hohe Mengen Eisen. Hieraus ergibt sich ohne weiteres folgende Erklärung der Zerstörung:

Die geringen, im Holz befindlichen Mengen Salzsäure, die an und für sich zu gering waren, das Holz anzugreifen, haben von den eisernen Befestigungsmitteln der Schienen Eisen gelöst zu Eisenchlorür. Dieses ist mittelst der Atmosphärilien durch die Wasserbahnen des Holzes weiter in dieses verschleppt, und zwar durchläuft es fast nur das Herbstholz. Durch den Sauerstoff der Luft oder gewisser Holzbestandteile oxydiert sich das Eisenchlorür zu Eisenchlorid, das seinerseits als Oxydationsmittel dient und gewisse Bestandteile des Holzes oxydiert, dabei selbst zu Chlorür wieder reduziert wird. Das durch die freie Salzsäure des Chlorzinks gebildete Eisensalz dient in dieser Weise fortdauernd abwechselnd als Reduktions- und Oxydationsmittel und jeder dieser Prozesse schädigt das Holz.

Abb. 166 zeigt ein aufgespaltenes Schwellenstück aus dem Schienenlager mit dem Loch, in dem der Schienennagel gesessen hat. Ganz auffällig sind die dunklen Streifen, die sich von diesem Nagelloch ziemlich weit in die Schwelle hineinziehen. Die chemische Untersuchung der durch die Streifen gefärbten Holzteile, die weich und der Zerstörung

anheimgefallen waren, ergab einen überraschend hohen Eisengehalt gegenüber dem hellen, festen, gut erhaltenen, benachbarten Schwellenholz. Diese Feststellung gibt in Verbindung mit der Tatsache, daß solche Zerstörungen von Chlorzinkschwellen nur verhältnismäßig selten beobachtet wurden, eine einfache Erklärung der Ursache dieser Zerstörungen. Es ist lediglich die freie Salzsäure im verwendeten Chlorzink die Ursache der Zerstörung des Holzes.

Nach Erkenntnis dieser Tatsache war es nun ein leichtes, diesen gelegentlich durch das Chlorzink hervorgerufenen Übelstand bei der Tränkung mit Chlorzink zu vermeiden und sind dafür mehrere Vorschläge gemacht worden. Der nächstliegende und in der Tat auch erfolgreiche Weg war der, daß man bei der Herstellung des Zinkchlorids dafür sorgt, daß die angewendete Salzsäure vollkommen an Zink gebunden wird. Dies ist ganz einfach dadurch zu erreichen, daß man bei der Fabrikation von Zinkchlorid einen genügenden Überschuß von metallischem Zink anwendet und diesen genügend lange Zeit auf die Lösung einwirken läßt. Es ist hierbei eine Vorsichtsmaßregel zu beachten, nämlich die, daß die Einwirkung des Zinkes auf die Zinkchloridlauge nicht zu lange dauert, weil sich sonst mehr oder weniger große Mengen Zinkoxychlorid bilden, die beim Verdünnen der erhaltenen konzentrierten Zinkchloridlösung als Niederschlag sich ausscheiden. Unter diesen Gesichtspunkten ist dann folgende Vorschrift für die Eigenschaften der zu verwendenden konzentrierten Zinkchloridlösung aufgestellt worden:

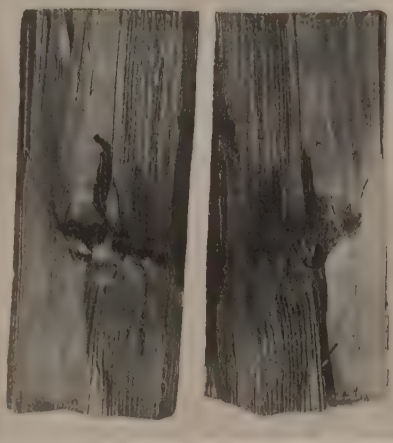


Abb. 166. Aufgespaltenes Stück einer mit Chlorzink imprägnierten Schwelle.

„Die zur Tränkung benutzte Chlorzinklösung muß möglichst frei von Verunreinigungen und besonders frei von ungebundener Säure sein. Die Lösung soll eine Stärke von 3,5° Bé = 1,0244 spez. Gewicht bei 15° C haben. Der Gehalt dieser Lösung an metallischem Zink beträgt 1,26 Hundertteile."

Seit der Anwendung einer, dieser Vorschrift entsprechenden Zinkchloridlösung haben sich die genannten Übelstände nicht mehr gezeigt, so daß man heute das Chlorzink von geeigneter Beschaffenheit, besonders das oxychloridhaltige, als ein vorzügliches Holzkonservierungsmittel und die mit den geschilderten Verbesserungen ausgeführte Mischungstränkung als eine für Weichhölzer ganz vorzügliche und wirtschaftliche ansprechen muß.

Verfahren von Brüning und Marmetschke. Denselben Zweck suchte man zu erreichen durch Anwendung von möglichst neutraler oder gar basisches Salz enthaltender Zinkchloridlösung in Mischung mit Tonerdesalzen, z. B. nach dem Vorschlage von Brüning und Marmetschke (B.-M.-Verfahren) mit Tonerdesulfat. Man kann auf diese Weise eine Mischung erhalten, die so frei an überschüssiger Säure ist, daß sie Eisen kaum noch angreift.

Beim Vergleich einer solchen Lösung mit einer von reinem Chlorzink und einer schwach angesäuerten Chlorzinklösung zeigte sich, daß bei der Einwirkung auf blankes Eisen unter Zutritt von Luft und unter Erwärmung das Eisen in der ersten Lösung nach mehrtägigem Erwärmen noch blank und in der Lösung kein Eisenoxyd nachzuweisen war, während in den beiden anderen Lösungen das Eisen stark angegriffen war. In der zweiten Lösung hatten sich merkliche Mengen Eisenoxydhydrat und bei der angesäuerten Chlorzinklösung recht beträchtliche Mengen ausgeschieden.

Wie erwähnt, kann die Einwirkung von metallischem Zink auf Zinkchlorid soweit getrieben werden, daß sich große Mengen Zinkoxychlorid bilden. Diese scheiden sich beim Verdünnen aus, sind aber durch Kochen bis zu einer gewissen Menge wieder in Lösung zu bringen. Festes, vollkommen chemisch reines und von jedem Überschuß an freier Salzsäure befreites Zinkchlorid löst sich in wenig Wasser zu einer konzentrierten klaren Flüssigkeit, die sich beim Verdünnen mit Wasser unter Abscheiden großer Mengen Zinkoxychlorid zersetzt. Eine solche von ausgeschiedenem Zinkoxychlorid abfiltrierte Lösung enthält gewisse Mengen freier Salzsäure, die hinreichen, beim Erhitzen das Zinkoxychlorid wieder in Lösung zu bringen. In der Kälte verläuft die Reaktion nach folgendem Schema:

$$ZnCl_2 + H_2O = Zn\begin{matrix}OH\\Cl\end{matrix} + HCl,$$

in der Wärme umgekehrt:

$$Zn\begin{matrix}OH\\Cl\end{matrix} + HCl = ZnCl_2 + H_2O.$$

Verfahren von Finckh. Wenn man also zur Tränkung von Holz eine heiße Lösung von Zinkchlorid, die beim Abkühlen Zinkoxychlorid abscheidet, anwendet, so ist die später nach dem Abkühlen im getränkten Holz vorhandene freie Salzsäure so außerordentlich gering, daß sie ohne jede Einwirkung auf Metall ist. Dadurch, daß man bei der Herstellung der starken Zinkchloridlösung sich nach Belieben große Mengen Zinkoxychlorid bilden läßt, hat man es in der Hand, eine Zinkchloridlösung zum Imprägnieren zu verwenden, die in der Hitze klar ist, beim Erkalten große Mengen Zinkoxychlorid ausscheidet und praktisch frei von ungebundener Salzsäure ist.

Dieses Verfahren zur Konservierung von Holz mit Zinkoxychlorid ist von Finckh vorgeschlagen. Die Verfahren von Finckh und von Marmetschke-Brüning bedeuten einen Fortschritt gegenüber der

Tränkung mit gewöhnlichem Chlorzink und dürfen unter sich wohl gleichwertig sein.

An Stelle von Zinkchlorid ist auch Zinksulfat zum Tränken von Holz angewendet worden. Dieses Salz besitzt die Eigenschaft, beim Verdünnen freie Säure abzuspalten, nur in geringem Maße. Die Verwendung dieses Salzes ist aber keine umfangreiche gewesen, weil seine antiseptische Kraft im Vergleich mit Chlorzink zu gering, die Verwendung von Sulfat also nicht wirtschaftlich ist.

Zinkverbindungen mit Natrium und Ammonium. Endlich sind noch zwei Zinkverbindungen zum Konservieren von Holz verwendet worden, bei denen allerdings die Wirkung von freier Säure gänzlich ausgeschlossen ist. Es sind das: das Natriumzinkat von der Formel $ZnONa_2$ und das Ammoniumzinkat von der Formel $ZnO(NH_4)_2$.

Natriumzinkat entsteht leicht durch Auflösen von Zinkhydroxyd in Natronlauge, besitzt eine außerordentlich starke alkalische Reaktion und verhält sich überhaupt wie freies Alkali. Durch Kohlensäure wird Natriumzinkat zersetzt in kohlensaures Zink und kohlensaures Natron nach der Formel:

$$Zn\,ONa_2 + 2\,CO_2 = Zn\,CO_3 + Na_2CO_3.$$

Sowohl Natronlauge wie auch kohlensaures Natron vermögen im Laufe der Zeit Holz vollkommen zu zerstören und aus diesem Grunde ist das Natriumzinkat zur Holzkonservierung untauglich. Diesen Fehler besitzt das Ammoniumzinkat nicht und das mit dieser Zinkverbindung getränkte Holz würde einen wirksamen Schutz gegen Fäulnis erhalten. Die hierzu notwendigen Mengen sind aber so groß und teuer, daß das Verfahren nur unter solchen Umständen wirtschaftlich ist, bei denen bestimmte Zwecke außer der Konservierung noch verfolgt werden.

3. Kupfersalze.

Nächst den Salzen des Zinks sind in großem Maßstab Kupfersalze zur Konservierung von Holz, namentlich von Telegraphenstangen, verwendet worden; dabei war für die Tränkung von großer Wichtigkeit ihre Eigenschaft, durch metallisches Eisen unter Ausscheidung von Kupfer zersetzt und unwirksam zu werden. Um diese Übelstände zu vermeiden, hat Boucherie sein bereits beschriebenes Verfahren in der Weise ausgebildet, daß die Kupfersalze gar nicht mit Eisen in Berührung kommen.

Bréantsches Verfahren mit Kupfervitriol. Allerdings sind auch in großem Maßstabe in geschlossenen, eisernen Gefäßen nach dem Bréantschen Verfahren und Apparat Hölzer unter Druck und Vakuum mit Kupfervitriol getränkt worden; das wurde ermöglicht durch Belegen der inneren Kesselwände mit einer Kupferhaut und Anwendung kupferner oder bronzener Ventile. In dieser Apparatur kommt die Kupfervitriollösung nirgends mit Eisen zusammen und es ist möglich, unter beliebig hohem Druck zu arbeiten. Wie bereits an anderer Stelle gesagt, kann auf diese Weise Holz in allen seinen durchtränkbaren Teilen satt und vollkommen mit wässerigen Flüssigkeiten durchtränkt werden. Nach diesem

Verfahren getränkte Hölzer sind gegen holzzerstörende Pilze in einem Maße geschützt, daß bis vor wenigen Jahren in Elsaß-Lothringen noch Buchenschwellen in den Gleisen gelegen haben, die noch zu französischer Zeit mit Kupfervitriol getränkt worden waren und noch gesund sind.

Hasselmann verwendet bei seinen verschiedenen Verfahren u. a. auch schwefelsaures Kupfer. Da er aber keine Rücksicht auf die Zersetzbarkeit desselben durch Eisen nimmt und die Tränkung von Holz in den gewöhnlichen eisernen Gefäßen vornimmt, so wird der größte Teil des schwefelsauren Kupfers seiner Bestimmung entzogen. In welchem Maße dies geschieht, ist daraus zu ersehen, daß im Eisenbahngütertarif für das auf diese Weise ausgeschiedene Kupfer eine besondere Position im Spezialtarif III „kupferhaltige Rückstände aus Imprägnieranstalten" geschaffen wurde. Dieser Spezialtarif gilt aber nur für ganze und allenfalls halbe Wagenladungen. Man kann also bei dem Verfahren von Hasselmann nicht von einer Tränkung mit Kupfervitriol reden.

Die Ergebnisse des Boucherie-Verfahrens hat Christiani in mehreren Tabellen (Archiv f. Post und Telegraphie 1905, Nr. 16, 1911, Nr. 8) zusammengestellt, wonach kieferne, nach Boucherie mit Kupfervitriol getränkte Telegraphenstangen eine Lebensdauer von 11,7 Jahren haben.

Außer Kupfervitriol ist von Hasselmann noch Kupferchlorid vorgeschlagen und auch in eisernen Kesseln verwendet worden. Hierfür gilt in gleicher Weise das vorhin Gesagte über die Anwendungsweise von Kupfervitriol durch Hasselmann.

Charitschkoffs Verfahren. Charitschkoff hat gefunden, daß die beim Reinigen von Petroleum abfallenden Naphtensäuren eine hohe mykozide Kraft besitzen, und daß besonders kräftig in dieser Hinsicht die Kupfersalze der Naphtensäuren sind. Diese werden erhalten, indem man die Naphtensäure in Natronlauge löst und mit löslichen Kupfersalzen diese Lösung ausfällt. Das entstehende blaugrüne Kupfersalz ist in Wasser unlöslich und wird ausgewaschen und getrocknet. Zur Verwendung als holzkonservierendes Mittel wird es in Benzin gelöst und diese Lösung in bekannter Weise in das Holz eingepreßt. Das Lösungsmittel soll nun nach der Tränkung mit Hilfe von Wärme und Luftleere wieder gewonnen werden. Über die Möglichkeit, so leichtsiedende Flüssigkeiten aus dem Holz herauszubekommen und wieder zu gewinnen, ist bereits früher an anderer Stelle gesprochen worden. Bei den hohen Preisen des Benzins, das zum weitaus größten Teile verloren geht, ist das Verfahren unwirtschaftlich. Außerdem ist die Verwendung von Benzin für diese Zwecke wegen der leichten Entzündung nicht unbedenklich, auch sind die damit getränkten Hölzer noch lange Zeit in hohem Maße feuergefährlich.

In neuerer Zeit ist dann noch die Verwendung von Kupferoxydammon vorgeschlagen worden. Hierfür gilt dasselbe, was oben für das Ammoniumsulfat gesagt ist. Es möge noch erwähnt werden, daß sowohl Ammoniumzinkat als Kupferoxydammon nicht ohne Einwirkung auf die Holzfaser sind, die durch diese Stoffe aufgequollen wird. Jede mechanische Veränderung der Holzfaser ist gleichbedeutend mit einer

Schwächung derselben und es hat sich feststellen lassen, daß solche mit Kupferoxydammon getränkte Hölzer nach dem Trocknen brüchig geworden sind. Bei der Festigkeitsprüfung mit Kupferoxydammon getränkter Hölzer hat sich die Behauptung, durch die Behandlung mit Kupferoxydammon steigere sich die Festigkeit des Holzes, als unzutreffend erwiesen.

Unter dem Namen „Aczol" ist ammoniakalische Kupfer- und Zinklösung mit oder ohne Zusatz von Karbolsäure empfohlen. Es ist gar keine Frage, daß das Metall in beiden Fällen in Form von Oxydhydrat sich im Holze befindet, also nicht abwaschbar ist, da das Ammoniak sich ja sehr schnell verflüchtigt. Der Zusatz von Karbolsäure zum Aczol kann aus den später zu erörternden Gründen für die dauernde Konservierung des Holzes keinen Wert beanspruchen, deshalb ist dieser Zusatz lediglich als ein allerdings kurze Zeit wirkendes Verteuerungsmittel anzusehen. Es sei noch bemerkt, daß eine zur Holzkonservierung empfohlene ammoniakalische Kupfersalzlösung „Viczsal" sich als eine Lösung von Kupfersulfat in wässerigem Ammoniak erwiesen hat.

Von allen Kupfersalzen, die in der Imprägniertechnik verwendet worden sind, hat nur das Kupfervitriol nennenswerte Bedeutung und Erfolge gehabt.

4. Eisen- und Aluminiumsalze.

Lediglich wässeriger Salzlösungen bedient sich Hasselmann. Er und die Verbesserer seiner Verfahren, wie Wolman, Diamand, Marmetschke-Brüning und andere wenden auch im großen ganzen dieselbe Apparatur an. Die Änderungen bestehen in der Anwendung geringer Hitzegrade und solcher Salze, die die bei dem ursprünglichen Hasselmann'schen Verfahren auftretende freie Säure oder die sich bildenden sauren Salze neutralisieren und unschädlich machen sollen. Wenn auch zweifellos durch die Maßnahmen Verbesserungen erzielt sind, so ist doch kein einwandfreies Verfahren erzielt, das sich dem Verfahren der Tränkung mit einer Mischung von Chlorzink und Teeröl oder mit Teeröl an die Seite stellen könnte. Das Verfahren von Hasselmann ist nach einem mißglückten Versuch gänzlich aufgegeben und die verbesserten Verfahren seiner Nachfolger haben sich auch keine dauernde Geltung verschaffen können.

Der erste Vorschlag von Hasselmann war folgender:

Der mit Holz gefüllte Tränkungskessel wird geschlossen und mittelst Luftleere mit einer Lösung von Tonerdesulfat, Eisenvitriol und Kupfervitriol, letztere beide in Form von Adlervitriol, gefüllt. Nach Absperren der Füll- und der Vakuumleitung wird direkter Dampf in den Kessel eingelassen und so allmählich die Temperatur der Lösung bis 150° erhöht. Hierdurch wird die Flüssigkeitsmenge um das Kondenswasser des Dampfes vermehrt und ein Druck bis zu 4 Atm. erzeugt. Während des Kochens wird periodisch eine der Flüssigkeitsmenge entsprechende Menge der Lösung abgelassen. Nach Beendigung dieser Kochperiode wird die Flüssigkeit aus dem Kessel entfernt; darauf wird der Kessel mittelst Luft-

leere wiederum mit einer zweiten Tränkungsflüssigkeit gefüllt, die aus einer Lösung von Chlorkalzium und Ätzkalk besteht. Nach voller Füllung des Kessels wird in gleicher Weise wie bei der ersten eine zweite Kochung ausgeführt, worauf die Tränkung beendet ist. Wegen der Umständlichkeit dieses Verfahrens und aus verschiedenen anderen, bei den Tränkstoffen zu beschreibenden Umständen hat dann Hasselmann das beschriebene Verfahren mit zwei aufeinander folgenden Kochungen durch ein anderes mit nur einmaliger Kochung ersetzt, die im übrigen in beschriebener Weise ausgeführt wird. Die für dieses zweite Verfahren verwendete Tränkungsflüssigkeit war eine Lösung von Aluminium-, Eisen- und Kupfersulfat unter Zusatz von Kainit. Durch letzteren Zusatz sollte die zweite Kochung überflüssig gemacht sein. Die praktischen Ergebnisse der Tränkung nach beiden Verfahren waren die, daß nach wenigen Jahren die darnach behandelten Schwellen im Gleise vollständig zerstört waren; andere Ergebnisse waren auch nicht von dem abgeänderten Hasselmannschen Verfahren zu erwarten. Die Gründe hierfür sind, soweit sie nicht bei Besprechung des Einflusses höherer Hitzegrade auf Hölzer schon erörtert sind, folgende:

Durch das Eisen der Gefäße wird das Kupfer des Kupfersulfates zum größten Teil ausgefällt. Aus dem Tonerde- und Eisensulfat spaltet sich hydrolytisch Schwefelsäure ab, die bei der hohen Temperatur und bei dem hohen Druck zerstörend auf das Holz einwirkt. Die Abspaltung von Säure ist namentlich aus dem Tonerdesulfat bedeutend, das der Zellulose gegenüber als Beize wirkt und seine Tonerde an die Zellulose abgibt, selbstverständlich unter Freiwerden von Schwefelsäure. In der Tat werden bei diesem Verfahren die Tränkungslaugen, die häufiger benutzt werden, immer saurer. Durch die erste Kochung werden die Hölzer vollkommen satt durchtränkt, bei allen der Splint, bei den etwas locker gewachsenen Hölzern oder bei solchen, deren Kern aus irgend einem Grunde nicht ganz normal ist, auch der Kern. Die zweite Kochung ist vollkommen zwecklos, weil aus den früher angegebenen Gründen in das vollständig getränkte Holz eine weitere Flüssigkeit überhaupt nicht mehr eindringen kann. Es könnte höchstens von einer Beeinflussung der ersten in das Holz eingebrachten Tränkungsflüssigkeit durch die zweite auf wenige Millimeter Tiefe die Rede sein. Die nach dem Hasselmannschen Verfahren behandelten Kiefernschwellen waren schon nach $2^1/_2$ Jahren im Gleise vollständig zerstört, ebenso Eichenschwellen nach 6 Jahren.

Wolman hat das Hasselmannsche Verfahren nach mancher Richtung hin verbessert. Er führte die Kochung erstens nicht bei so hoher Temperatur aus, zweitens gab er zur Abstumpfung der freien Säure essigsaures Ammon zu und drittens, nachdem er erkannt hatte, daß das Kupfer so reichlich ausfällt, hat er das Kupfersulfat weggelassen und auf diese Weise die allzugroße Schädigung des Holzes und des Kessels vermieden. Nach angestellten Kulturversuchen sind nun Eisen- und Tonerdesulfat recht schwach mykozide Körper. Um die mykozide Kraft der Eisen- und Tonerdesulfatlösungen zu vermehren und gleichzeitig die freie Säure zu neutralisieren, wurde an Stelle von essigsaurem Ammon

Kresolnatrium und später Fluornatrium von Wolman vorgeschlagen. Von Diamand wurde an Stelle von essigsaurem Ammon noch die Sulfitlauge von der Zellulosefabrikation und die alkalischen Abwässer der Petroleumraffinerie in Vorschlag gebracht.

Die Sulfitlauge ist nicht nur nicht pilztötend, sondern gibt den Pilzen so vorteilhafte Lebensbedingungen, daß sie in Flüsse eingelassen, Veranlassung zu intensivstem Wachstum von Pilzen und dgl. ist und die Flüsse viele Kilometer weit verpestet; in den alkalischen Abwässern der Petroleumraffinerie sind im allgemeinen die bei der Reinigung des Petroleums entstandenen Sulfosäuren enthalten, die nicht stärker fungizid sind als die eben besprochenen Sulfitlaugen. Diese Vorschläge müssen demnach Fehlschläge bedeuten.

Die Tränkung mit Eisen- und Tonerdesulfat kann keine Konservierung von Holz bedeuten; nach den früher bei dem Kapitel „Chlorzink" gegebenen Erklärungen muß sogar vor der Anwendung von Eisensalzen in der Imprägniertechnik gewarnt werden.

Eine andere Abänderung des Hasselmannschen Verfahrens ist das Verfahren von Herre. Derselbe bedient sich der schwefelsauren Tonerde und des schwefelsauren Eisens und wendet dieselben in der Weise an, daß er das Holz in verdünnte Lösungen der beiden Salze untertaucht, zum Kochen erhitzt und nach einiger Zeit in der Flüssigkeit erkalten läßt. Aus den bei der Besprechung des Hasselmannschen Verfahrens angegebenen Gründen kann man diesem Verfahren keine besondere Wirksamkeit zusprechen. In der Tat haben sich damit behandelte Grubenhölzer nicht sonderlich besser nach der Tränkung verhalten als ohne eine solche.

5. Quecksilbersalze.

Das älteste und am häufigsten angewendete Quecksilbersalz ist das Chlorid (Sublimat). Da das Quecksilberchlorid durch alle technisch anwendbaren Metalle zersetzt wird, ist eine Tränkung damit nur möglich, entweder nach dem Saftverdrängungsverfahren am frisch geschlagenen Baum oder durch einfaches Einlegen trockener Hölzer in die wässerige Sublimatlösung.

Kyanisieren. Das Saftverdrängungsverfahren ist in der Praxis im Großbetrieb nie ausgeführt, wohl aber das nach seinem Erfinder Kyan benannte Eintauchverfahren, das Kyanisieren.

Zu diesem Zwecke werden die Hölzer in Gefäße von Holz oder Beton eingepackt, vermittelst einer geeigneten Vorrichtung zur Verhinderung des Auftriebes befestigt und dann mit der Sublimatlösung von geeigneter Konzentration, meistens mit einem Gehalt von $^2/_3\,\%$ übergossen und in dieser Lösung längere Zeit, meistens 5 Tage, liegen gelassen. Dann wird die Lauge abgelassen und die Hölzer werden aus dem Behälter entfernt. Über das Eindringen der Sublimatlösung in die Hölzer wird auf das bei der Besprechung der Eintauchverfahren Gesagte hingewiesen. Es sind zwar auch früher kieferne und buchene Schwellen kyanisiert, heute aber beschränkt sich die Anwendung des Kyanisierverfahrens auf Stangen

aus Kiefern, Fichten und Tannen. Bei Besprechung des Eintauchverfahrens wurde hervorgehoben, daß locker gewachsene Kiefernhölzer sich allenfalls, dicht gewachsene Kiefern, sowie Fichten und Tannen nicht befriedigend nach dem Kyanisierverfahren durchtränken lassen, und in der Tat zeigen Querschnitte von kyanisierten Hölzern, daß das Sublimat oft nur wenige Millimeter, selten mehr als 1 cm tief eingedrungen ist. Abb. 167 zeigt zwei Scheiben einer nach dem Kyanisierverfahren getränkten kiefernen Telegraphenstange, auf denen die eingedrungene Sublimatlösung durch Behandlung mit Schwefelammonium schwarz gefärbt und damit die Tiefe, bis zu welcher die Sublimatlösung in das Holz eingedrungen war, deutlich sichtbar ist. Außerdem erfordert dieses Verfahren sehr trockene Hölzer, wie sie eigentlich nur in ganz trockenen Sommern zu erzielen sind; dadurch ist bedingt, daß die Stangen in hohem Grade reißen; ferner müssen die Hölzer auf das sorgfältigste vor der Tränkung geschält werden. Die geringsten Mengen Bast oder Kambium-

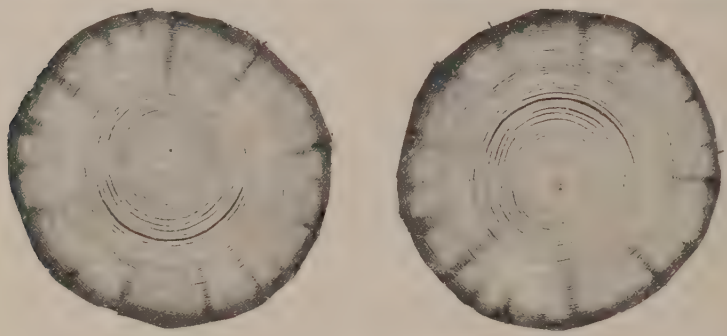


Abb. 167 a u. b. Scheiben einer kyanisierten Telegraphenstange.

schicht verhindern an diesen Stellen das Eindringen von Sublimatlösung vollständig. Andererseits befördern die Risse das Eindringen, aber auch das Auswaschen der Lösung. In neuer Zeit werden wegen dieserhalb und wegen des Eintritts von Fäulnis und Zerstörung der in der Erde stehenden kyanisierten Hölzer dieselben mit einem sog. Stockschutz versehen. Bei Hölzern, die, wie Telegraphenstangen, teilweise in die Erde eingegraben werden, hat man, wenn sie sonst gesund waren, stets beobachtet, daß holzzerstörende Pilze das Holz nur an den Stellen zerstörten, die kurz unter und über der Grenzschicht zwischen Erde und Luft sich befinden. Der erwähnte Stockschutz besteht darin, daß diese Stellen des Holzes mit einer wasser- und pilzundurchlässigen Masse gestrichen werden, wie z. B. Asphalt, Goudron u. dgl. Die Erkenntnis der Notwendigkeit dieses Stockschutzes schließt ein stillschweigendes Eingeständnis der ungenügenden Wirksamkeit des Kyanisierverfahrens in sich. Selbstverständlich soll nicht die gänzliche Unwirksamkeit desselben behauptet werden, doch ist es sehr fraglich, ob nicht an den tatsächlichen Erfolgen des Kyanisierverfahrens die sorgfältige Auswahl und Behandlung der

Hölzer die Ursache sind. Hierfür spricht die Notwendigkeit des Stockschutzes bei kyanisierten Stangen.

Das Sublimat ist zum Teil im Holz ziemlich fest gebunden und schlecht auswaschbar, was darin seinen Grund hat, daß durch die reduzierende Wirkung des Lichtes das Sublimat in unlösliches Quecksilberchlorür umgewandelt wird.

Neben dem Quecksilberchlorid ist auch Quecksilber-Zyanid von Emmel vorgeschlagen worden. Dasselbe kann ebenfalls nur durch Einlegen nach dem Eintauchverfahren verarbeitet werden und ist bis jetzt in größerem Maßstabe seines hohen Preises wegen, bei nicht viel höherer Wirksamkeit als Quecksilberchlorid, nicht verwendet worden.

Endlich sind noch organische Quecksilberverbindungen, wie das Quecksilberchlorphenol und ähnliche Stoffe zur Imprägnierung vorgeschlagen. Zur Herstellung des Quecksilberchlorphenols wird Chlorphenol verwendet. Das im Handel bis jetzt erhältliche Produkt erhält noch mehr oder weniger große Mengen des übelriechenden Ausgangsmaterials. Wird letzteres durch geeignete Lösungsmittel aus dem Handelsprodukt extrahiert, so erhält man das reine Quecksilberchlorphenol, das nicht reicht, in verdünnter Natronlauge leicht löslich ist und durch Säure aus dieser Lösung leicht wieder unlöslich ausgefällt wird. Das chlorphenolhaltige Rohprodukt ist wegen seines ekelerregenden Geruches nicht brauchbar, wenigstens nicht für solche Hölzer, die in Gebäuden untergebracht werden sollen. Nach der Reinigung erweist sich das sehr teure Quecksilberchlorphenol in seiner mykoziden Wirkung als dem billigeren Sublimat ungefähr gleichstehend, während das rohe, chlorphenolhaltige Produkt in außerordentlich hohem Maße mykozid wirkt. Der Anteil dieser Kraft, der die des Sublimates übertrifft, ist als lediglich dem verdunstbaren Chlorphenol zuzusprechen und so reduzieren sich die für eine Konservierung des Holzes in Betracht kommenden Quecksilberverbindungen auf das Quecksilberchlorid.

Außer den in vorstehendem genannten Salzen sind zur Holzkonservierung noch Chromsalze verwendet worden, und zwar chromsaure Salze, wie Chromoxydsalze. Die chromsauren Salze sind mit einer ziemlich starken mykoziden Kraft begabt, die diejenige des Chlorzinks weit übertrifft. Der Preis der Chromate ist aber so hoch, daß allein aus diesem Grunde die Tränkung von Holz mit Chromaten nicht wirtschaftlich ist. In größerem Maßstabe sind auch damit keine Konservierungsversuche gemacht.

Dasselbe trifft zu für die Chromoxydsalze, nur ist deren abtötende Wirkung bedeutend geringer als die der Chromate. In dieser Beziehung stehen die Chromoxydsalze den Eisensalzen nahe, sind aber nicht so gefährlich für das Holz wie diese.

Diesen Lösungsmitteln gesellt sich eine schier unabsehbare Fülle von Vorschlägen hinzu, deren Zusammensetzung in den meisten Fällen Geheimnis ihrer Erfinder geblieben ist. In der Reihe dieser Vorschläge hat das „Zuckerlösungsverfahren von Powell" in Indien und England eine gewisse Verbreitung, besonders auf dem Gebiet der Holzpflastertränkung, gefunden. Über dasselbe ist unter G. Straßenbau Näheres berichtet.

II. Öle.

Man kann wohl sagen, daß alle oder wenigstens die meisten der technisch greifbaren Öle für die Imprägnierung von Holz in Vorschlag gebracht sind. Am meisten haben die Öle, die von der trockenen Destillation des Holzes und der Steinkohle herrühren, Verwendung gefunden. Es sind sowohl roher Holz- und Steinkohlenteer-, wie auch deren Destillate, rohes Erdöl und seine Destillate, Braunkohlenteeröle, jede von diesen Substanzen für sich allein sowohl, wie auch in Mischung miteinander zur Tränkung von Holz vorgeschlagen worden.

1. Steinkohlenteer und seine Produkte.

Der Steinkohlenteer ist eine Mischung von einer großen Zahl sehr verschiedener, teils fester, teils flüssiger Körper, die mehr oder weniger große Mengen Kohlenstoff mechanisch aufgeschwemmt enthält. Dieser Kohlenstoff macht den Teer als solchen untauglich für die Imprägnierung von Holz, und roher unverarbeiteter Teer ist zwar häufig für sich oder nach Verdünnung mit Ölen der mannigfachsten Herkunft verwendet worden, man ist aber, wenigstens in Europa, von allen diesen Versuchen zurückgekommen, weil der Kohlenstoff sich auf die Oberfläche des Holzes festsetzte und die öligen Bestandteile des Öles oder der Mischungen verhinderte, in das Holz einzudringen [1]). Auch wurden hierbei die Hölzer derartig verschmutzt, daß die Hantierung damit fast unmöglich war. Ferner ist auch die Flüssigkeit, die mit dem Kohlenstoff zusammen den Teer bildet, in den meisten Fällen viel zu dickflüssig, als daß sie tief genug in das Holz eindringen könnte. Der Teer muß also zwecks Verwendung zur Holzkonservierung auf irgendeine Weise von dem Kohlenstoff befreit werden. Dies geschieht in den meisten Fällen durch Destillation, wodurch auch die einzelnen Bestandteile des Teeröles wenigstens gruppenweise für sich isoliert werden. Ein Teil der vom Kohlenstoff befreiten Flüssigkeit ist in Natronlauge löslich und besteht aus karbolsäureartigen Stoffen, die kurzweg Karbolsäure genannt werden. Ein anderer Teil ist in Säuren löslich, hat also basische Eigenschaften. Diese Basen werden als Pyridinbasen bezeichnet. Die anderen Stoffe endlich sind vollkommen neutral. Von den festen seien Naphthalin, Anthrazen und Pech genannt. Beim Destillieren des Teeres fängt derselbe schon bei ziemlich niedriger Temperatur an, Dämpfe zu entwickeln, die sich zu dünnen, leicht beweglichen, niedrigsiedenden und leicht verdunstbaren Flüssigkeiten verdichten lassen. Bei fortdauerndem Erhitzen steigt die Temperatur allmählich, und die durch Abkühlen der Dämpfe erhaltenen Destillate werden innerhalb gewisser Grenzen immer dickflüssiger, höhersiedend und immer schwerer verdunstbar. Im Destillationsgefäß bleibt schließlich Pech zurück, das beim Erkalten erstarrt.

Es ist ganz selbstverständlich, daß die leicht verdunstbaren Stoffe des Steinkohlenteers für die Konservierung des Holzes wertlos sind.

[1]) In Amerika setzt man neuerdings bei der Imprägnierung Teer mit geringem Kohlenstoffgehalt dem Teeröl zu.

Was nun die Bedeutung der einzelnen Bestandteile des Steinkohlenteers für die Konservierung des Holzes betrifft, so herrschen hierüber vielfach grundfalsche Anschauungen. Man schreibt häufig der Karbolsäure und den karbolsäureartigen Stoffen, besonders den höheren Homologen, den Hauptwert für die Konservierung des Holzes zu, während andere gerade die neutralen Stoffe als die besonders wertvollen ansprechen; wieder andere endlich bezeichnen die bitumenartigen, nicht unzersetzt siedenden Bestandteile des Steinkohlenteers als die einzig wahren Beschützer des Holzes.

Die Karbolsäuren fangen ungefähr bei 180° zu sieden an. Der Siedepunkt steigt allmählich so hoch, daß noch in den Fraktionen des Teers über 300° solche sauren Stoffe enthalten sind. Trotz dieses hohen Siedepunktes sind die Karbolsäuren aber verhältnismäßig leicht verdunstbar und zwar die niedrig siedenden, die die Hauptmenge ausmachen, besonders leicht. Im Wasser sind alle karbolsäurehaltigen Stoffe verhältnismäßig leicht löslich und zwar ebenfalls wieder die niedrig siedenden am leichtesten. Alle Karbolsäuren neigen in ziemlich hohem Maße der Oxydation und Polymerisation durch den Sauerstoff der Luft zu. Die hierdurch entstehenden Körper sind unlösliche, für die Konservierung des Holzes unwirksame Stoffe. Diese Eigenschaften bedingen, daß mit den karbolsäurehaltigen Stoffen des Teers getränkte Hölzer nach einer gewissen Zeit durch Auswaschen, Oxydation und Verdunsten ihren Gehalt an diesen karbolsäurehaltigen Stoffen ganz verloren haben. Dasselbe trifft zu für die mit karbolsäurehaltigem Teeröl getränkten Hölzer. Kulturversuche des Kaiserlichen Gesundheitsamtes und der chemischen Versuchsanstalt des Königlichen Eisenbahnzentralamtes haben gezeigt, daß die eigentliche Karbolsäure, die den Hauptbestandteil der sauren Öle bildet, in ihrer fungiziden Wirkung die neutralen Imprägnieröle nicht um das geringste übertrifft.

Aus all diesen Tatsachen ergibt sich, daß der Karbolgehalt des Imprägnieröles für die dauernde Konservierung von Holz wertlos ist, daß im Gegenteil ein Imprägnieröl, das nur sonst richtig zusammengesetzt ist, bei gänzlicher Abwesenheit von Karbolsäure einem an Karbolsäure reichen Imprägnieröl mit 10% Karbolsäure um 10% besser gegenübersteht. Die Untersuchung von alten, mit Teeröl imprägnierten Schwellen hat das vollständig bestätigt. Aus Schwellen, die mit einem Teeröl getränkt waren, das mehr als 20% saurer Stoffe enthielt und 16 Jahre im Gleise gelegen hatten, ließ sich durch geeignete Lösungsmittel ein Extrakt ausziehen, aus dem sich das Lösungsmittel, z. B. Chloroform, leicht durch Abdestillieren entfernen ließ. Es hinterblieb hierbei ein dickes, hochsiedendes Öl, das vollkommen frei von leicht verdunstbaren und karbolsäureartigen Stoffen, aber außerordentlich reich an Bitumen war. Die Hölzer selbst waren vollkommen gesund, und waren also durch die hochsiedenden, neutralen Stoffe des Steinkohlenteeröles vollständig gegen holzzerstörende Pilze geschützt gewesen. Die Forderung eines möglichst hohen Gehaltes des Imprägnieröles an sauren Stoffen ist also unberechtigt. Hiermit steht in Einklang die erwähnte Feststellung, daß die fungizide Wirkung der Karbolsäure die von Karbolsäure freiem Teeröle nicht über-

trifft; nach den Feststellungen des Kaiserlichen Gesundheitsamtes ist die Karbolsäure, in Öl gelöst, sogar wirkungslos, da sie sich hier in nicht ionisiertem Zustand befindet. Andererseits ist aber ein geringer Gehalt des Teeröles an Karbolsäure nicht zu beanstanden, und die Befreiung des Teeröles von geringen Mengen Karbolsäure wäre der großen Kosten wegen unwirtschaftlich.

Dagegen sind von hohem Wert für die dauernde Konservierung des Holzes Naphthalin, Anthrazen und Bitumen. Nachdem die leichter verdunstbaren und auswaschbaren Bestandteile eines Imprägnieröles, die dasselbe dünnflüssig und besonders befähigt zum tiefen Eindringen in das Holz machen, aus den äußeren Schichten des Holzes auf die oben geschilderte Weise verschwunden sind, wird das hier zurückbleibende Öl dickflüssiger, ein Teil des Naphthalin- und Anthrazengehaltes scheidet sich aus und verhindert oder erschwert doch den Auswasch- und Verdunstungsprozeß der leicht verdunstbaren Bestandteile. Die eine Konservierung des Holzes besonders bewirkenden Stoffe des Teeröles sind also die neutralen, hochsiedenden Öle, Naphthalin, Anthrazen und Bitumen. Selbstverständlich müssen die Stoffe in solchem Verhältnis im Öl vorhanden sein, daß die Mischung genügend dünnflüssig ist; deswegen ist ein gewisser Gehalt an mittelmäßig schwersiedenden Ölen wünschenswert, weil dadurch das Gemisch seinen richtigen Grad von Dünnflüssigkeit erhält. Diesen Forderungen entsprechend sind die neuesten Lieferungsbedingungen der Preußisch-Hessischen Eisenbahnen abgefaßt. Sie lauten:

„Das Teeröl soll reines Steinkohlenteeröl und so zusammengesetzt sein, daß bei der Destillation bis 150° C höchstens 3%, bis 200° C höchstens 10%, bis 235° C höchstens 25% überdestillieren (Thermometerkugel im Dampf). Sein Gehalt an sauren Bestandteilen (karbolsäurehaltigen Stoffen), die in Natronlauge vom spez. Gewicht 1,15 löslich sind, muß mindestens 6% betragen.

Das spez. Gewicht bei 15° C soll zwischen 1,04—1,15 liegen und muß das Öl bei + 40° C vollkommen klar sein. Das Öl muß beim Vermischen mit gleichen Raumteilen Benzol (kristallisierbares) klar bleiben, ohne mehr als Spuren ungelöster Körper auszuscheiden. Zwei Tropfen dieser Mischung sowohl, als auch des unvermischten Öles müssen, auf mehrfach zusammengefaltetes Filtrierpapier gegossen, von diesem vollständig aufgesogen werden, ohne mehr als Spuren, d. h. ohne einen deutlichen Flecken ungelöster Stoffe zu hinterlassen.

Der Aufsichtsbeamte hat sich durch Untersuchung von Proben davon zu überzeugen, daß die zur Verwendung kommenden Tränkungsstoffe den vorgeschriebenen Bedingungen entsprechen. Diese Prüfungen erfolgen nach Maßgabe der hierfür gegebenen besonderen Vorschriften. Den Ort der Probeentnahme zu wählen, bleibt dem Aufsichtsbeamten überlassen. Nicht vorschriftsmäßig befundene Tränkungsstoffe sind von der Verwendung auszuschließen. Entstehen bei der Prüfung Zweifel über die Güte der Tränkungsstoffe, so hat der Aufsichtsbeamte schleunigst die Entscheidung durch die chemische Versuchsanstalt in Berlin herbeizuführen. Keinesfalls dürfen Tränkungsstoffe eher verwendet werden, als bis unzweifelhaft festgestellt ist, daß sie den Bedingungen entsprechen. Von den untersuchten Proben hat der Aufsichtsbeamte je $^1/_2$ Liter 6 Monate lang aufzubewahren."

Ausführung der Teeröluntersuchung.

Destillation: In eine tubulierte, 300 ccm fassende Retorte werden 100 ccm Teeröl eingefüllt. Durch den Tubus wird ein Normalthermometer gesteckt, dessen Quecksilberkugel 2 cm über dem Ölspiegel sich befindet. Über den Auslauf der Retorte wird ein Vorstoß gesteckt, durch den das

Destillat in einen Meßzylinder fließt. Das Destilliertempo wird so gehalten, daß pro Sekunde 2 Tropfen überdestillieren.

Bis	150°	sollen höchstens	3%
,,	200°	,, ,,	10%
,,	235°	,, ,,	25%

überdestillieren.

Enthält das Öl viel Wasser, so wird eine zweite Destillation unter Zusatz von 50 ccm Xylol und unter Anwendung eines Luftkühlers vorgenommen.

Bestimmung des spezifischen Gewichtes: Das spez. Gewicht bei 15° C soll zwischen 1,04—1,15 liegen und wird mittelst der Senkwage festgestellt. Hat das Öl bei der Bestimmung des spezifischen Gewichtes nicht genau 15° C, so wird für jeden über 15° liegenden Celsiusgrad 0,0007 zu dem mit der Wage ermittelten Gewicht addiert, für jeden unter 15° liegenden Celsiusgrad wird ebensoviel subtrahiert.

Bestimmung des Gehaltes an sauren Ölen: In einen graduierten Zylinder mit Glasstöpsel werden 100 ccm Natronlauge (vom spezifischen Gewicht 1,15 und mit Kochsalz gesättigt) gebracht, dazu das Destillat von 100 ccm Teeröl. Der letzte Rest des Destillates wird mit Benzol in den Zylinder zugespült. Nun wird erst die Öl und Benzolschicht miteinander vermischt (durch leichtes Schütteln) und dann die ganze Flüssigkeitsmenge (durch starkes Schütteln). Nun läßt man absitzen. Die Anzahl Kubikzentimeter, um die die Laugenschicht zugenommen hat, ist die Menge der sauren Öle, in Prozenten ausgedrückt.

Enthält das Öl viel Wasser, so bringt man die Lauge und das Destillat mit Benzol in einen Scheidetrichter, schüttelt durch und läßt absitzen. Nunmehr läßt man die untere, klare Flüssigkeitsschicht in einen zweiten Scheidetrichter ab, säuert mit Salzsäure an, schüttelt durch und läßt wieder absitzen, dabei scheiden sich die sauren Öle aus. Man läßt nun zuerst die wässerige Flüssigkeit aus dem Scheidetrichter ab und dann das Öl in einen graduierten Zylinder fließen. Die Anzahl Kubikzentimeter Öl, die man auf diese Weise erhält, ist die Menge der sauren Öle in Prozent ausgedrückt, die in diesem Fall noch auf wasserfreies Öl umzurechnen ist.

Wie bereits erwähnt, sind das Bitumen, das Naphthalin und das Anthrazen für die dauernde Konservierung des Holzes außerordentlich wichtige Bestandteile des Teeröles. In dem gewöhnlichen Imprägnieröl sind nur verhältnismäßig geringe Mengen Bitumen enthalten, weil dasselbe sich für sich allein nicht unzersetzt destillieren läßt. Wenn also bei der Destillation von Teer die hochsiedenden Öle abdestilliert sind, so würde bei Fortführung des Destillationsprozesses das Pech zwar noch Destillationsprodukte abgeben, die aber Krackprodukte, d. h. Zersetzungsprodukte des im Pech enthaltenen Bitumens sind. Allerdings wird ein Teil des Bitumens unverändert durch die Dämpfe der untersetzt siedenden Bestandteile des Teeröles, vor Spaltung geschützt, überdestilliert, der sich dann natürlich in dem höchst siedenden Anteil der Destillation

befindet und damit in das Imprägnieröl gelangt. Solches an Bitumen möglichst reiche Öl ist für die Konservierung das beste.

Man hat die Karbolsäure und ihre Homologen auch in wässeriger Lösung angewendet, in der sie dissoziieren und ihre Wirksamkeit voll entfalten kann. Es hat sich bei Kulturversuchen herausstellt, daß die Karbolsäuren mit steigendem Molekül auch stärker fungizid wirken. Da aber die höheren Homologen mit steigendem Molekül im Wasser immer schwerer löslich werden, so wurden die Phenole, um größere Mengen in das Holz einbringen zu können, vorher in Alkalien oder Erdalkalien gelöst. Auf diese Weise kann man natürlich fast jede beliebige Menge von Phenolen in das Holz bringen. Dann hat man Derivate von Phenolen, die Phenolsulfosäure, Nitrophenolsulfosäure, Dinitrokresole in Form ihrer Alkalisalze zum Imprägnieren gebraucht. Man hat auch Phenolnatrium angewendet, um die bei der Tränkung mit schwefelsaurer Tonerde und schwefelsaurem Eisen entstehende freie Säure zu neutralisieren. Wässerige Phenol- und Kresollösung ist von Guido Rütgers angewendet zur ersten Tränkung bei der Doppeltränkung. Diese Art Ausführung der Doppeltränkung kommt auf dasselbe heraus, als wenn man zunächst mit reinem Wasser und dann mit karbolhaltigem Öl tränken würde, denn bei der auf die Tränkung mit wässeriger Karbollösung folgenden Öltränkung nimmt das Öl nach dem Verteilungsgesetz die geringe in das Holz eingebrachte Menge Karbolsäure leicht in sich auf. Bei richtiger Ausführung ist der Erfolg dieser Tränkung ein guter, da das Öl gleichmäßig im Holz verteilt ist und in genügender Menge angewendet wird, um das Holz dauernd zu schützen; der Erfolg dieser Tränkung ist aber in keiner Weise abhängig von der angewendeten hierfür ganz überflüssigen Karbolsäure.

Der Vorschlag von Polifka-Hacker, karbolsäurehaltiges Steinkohlen- oder Holzteeröl irgendwelcher Herkunft mit Neutralöl des Erdöles, wie Blauöl, zu mischen, muß als ein verfehlter bezeichnet werden, da diese Produkte kaum nennenswerte mykozide Kraft besitzen, auch verhältnismäßig leicht verdunstbar sind und die Karbolsäure, wie bereits erwähnt, aus dem damit getränkten Holz durch Verdunstung und Auswaschen verschwindet und die sonstigen erwähnten Nachteile besitzt. Somit wird, wie früher für die Karbolsäure in Mischung mit Steinkohlenteeröl nachgewiesen ist, auch die mit so leicht verdunstbaren Erdölprodukten gemischte Karbolsäure zu frühzeitig aus dem Holz entfernt sein.

Der Vorschlag von Heidenstam, Kresolkalzium anzuwenden, birgt denselben Übelstand in sich. Von verschiedenen Autoren angestellte Auslaugeversuche haben gezeigt, daß das Kresolkalzium verhältnismäßig schnell auslaugbar ist, und die Behauptungen, daß das Kalzium des Kresolkalziums mit der Kohlensäure der Luft einen das Auswaschen und Verdunsten des Kresols verhindernden Mantel von kohlensaurem Kalk bilde, nicht zutreffen.

Der Vorschlag von Bercher und Diamand, Phenolate zum Neutralisieren der bei der Tränkung mit Tonerde- und Eisensulfat entstehenden freien Säure anzuwenden, hat bei der geringen abtötenden Kraft der beiden Metallsalze keine Bedeutung.

Von den Phenolsulfosäuren ist bekannt, daß die Sulfogruppe die fungizide Kraft des Phenols bedeutend herabgedrückt und, da die sulfosauren Salze alle mehr oder weniger leicht löslich sind, so kann eine Konservierung mit diesen leicht auswaschbaren und schwach fungiziden Mitteln nicht erreicht werden. Bessere Resultate erzielt man mit den Nitroprodukten dieser Sulfosäuren. Da diese Salze aber die Tränkungsapparate angreifen, so sind sie zur praktischen Verwendung nicht geeignet.

Es möge noch erwähnt werden, daß die Phenole, mit Teeröl gemischt, dessen Eindringen in das Holz erschweren sollen. Diese Behauptung, die experimentell nur sehr mangelhaft unterstützt ist, widerspricht aller Erfahrung und verdient keine weitere Beachtung.

Wässerige Emulsion von Teeröl. Bei Besprechung der Spartränkung wurde auch auf die Tränkungsversuche mit Teeröl-Emulsion näher eingegangen. Diese Versuche führten zu der Erkenntnis, daß für die dauernde Konservierung von Holz lediglich die neutralen Kohlenwasserstoffe des Teeröles, nicht aber die sauren oder basischen Bestandteile desselben von Wichtigkeit sind. Die Versuchsergebnisse decken sich vollständig mit den früher gefundenen Resultaten bei der Untersuchung von alten Schwellen, die nach 16jähriger Liegedauer wohl noch neutrales Teeröl, aber keine Spur basischer oder saurer Körper enthielten und vollkommen gesund waren.

Die Tränkung mit Teerölemulsion ist bei Kiefernholz durchführbar mit Emulsionen bis 25% Teerölgehalt. Der ganze durchtränkbare Teil des Kiefernholzes enthält in allen Zonen fast gleiche Mengen Öl, mit der Einschränkung, daß von den Stirnflächen ins Innere hinein und ebenso von den Seiten radial nach innen die Menge des Teeröles eine kleine Verringerung erfährt, die aber so unbedeutend ist, daß sie die Konservierung nicht beeinflußt. In ähnlicher Weise verhält sich Eichenholz. Beim Buchenholz versagt diese Tränkungsart. Ein Teil von Buchenschwellen wird bei der Tränkung ganz gleichmäßig durchtränkt, ein anderer Teil aber erweist sich nach der gleichzeitig vorgenommenen Tränkung ganz unbefriedigend durchtränkt.

Ein großer Teil des Holzes war überhaupt nicht durchtränkt, so daß nur die äußeren Schichten des Holzes imprägniert erschienen, dann aber hatte namentlich bei diesen Hölzern eine weitgehende Filtration stattgefunden, so daß das Öl nur in die äußersten Schichten des Holzes eingedrungen war. Diese Erscheinungen wiederholen sich ganz unregelmäßig aus vorläufig unerklärbaren Gründen, machten aber das Verfahren für die Tränkung von Buchen unannehmbar.

Zum Emulgieren von Teeröl eignen sich alle Lösungen von seifenartigem Charakter und viele kolloiden Substanzen. So sind die Harzseifen, die Alkalisalze der mit konzentrierter Schwefelsäure behandelten Harzöle, ferner das bei der Reinigung von Mineralschmierölen entstandene Säureharz in ausgewaschenem Zustande nach der Neutralisation mit Natronlauge Emulgierungsmittel für Teeröl und Erdöl, ebenso die bei der Reinigung von Mineralölen entstehenden alkalischen Waschwässer. Auch wässerige Lösung von Gummi arabicum und ähnlichen Gummiarten vermögen Öl zu emulgieren.

Als Beispiel für die Herstellung einer geeigneten Emulsion möge folgendes angeführt sein.

Eine in bekannter Weise hergestellte wässerige Harznatronseifenlösung von 30% Gehalt wird mit 3 Volumenteilen entsäuerten Teeröles kräftig durchgeschüttelt bzw. durchgerührt und die hierbei entstehende, dicke, salbenartige Flüssigkeit unter starkem Rühren in die zehnfache Menge Wasser eingegossen. Es entsteht hierbei eine vollkommen gleichmäßige weiße Milch, in der das Öl in feinen Tröpfchen von weniger als $^1/_{1000}$ mm Durchmesser vollkommen gleichmäßig verteilt ist.

Diese Emulsion wird nach irgendeinem Volltränkungsverfahren in Kiefern- oder Eichenholz eingepreßt. Wie bereits früher erwähnt und begründet, ist die Tränkung dieser Hölzer eine vollkommene und sind solche Hölzer absolut vor holzzerstörenden Pilzen geschützt. Aus den ebenfalls schon früher angegebenen Gründen hat sich dieses Verfahren im Großen keine Geltung verschafft, auch weil andere Verfahren den gleichen Erfolg zu versprechen schienen, dabei aber nicht den früher beschriebenen Nachteil der Emulsionstränkung hatten.

2. Braunkohlenteer und Produkte aus diesem.

Ebenso wie Steinkohlenteer und seine öligen Bestandteile sind auch Braunkohlenteer nnd seine Destillationsprodukte für die Tränkung von Holz verwendet worden. Da der wertvollste Bestandteil von Braunkohlenteer das Paraffin ist, so sind Tränkungen im Großen mit Braunkohlenteer kaum gemacht worden. Nur die bei der Gewinnung von Paraffin aus Braunkohlenteer als Nebenprodukte erhaltenen Öle und von diesen auch nur die am höchsten siedenden, sind zur Holztränkung verwendet worden, da die anderen Braunkohlenteerdestillate viel zu leicht verdunstbar und entflammbar sind. Aber selbst die am höchsten siedenden Bestandteile erweisen sich als zu leicht verdunstbar, um als brauchbare Imprägnieröle angesehen werden zu können. Dann haben die Braunkohlenteerprodukte auch noch den Fehler, daß sie fast vollkommen bitumenfrei sind. Eine dauernde Konservierung läßt sich mit Braunkohlenteeröl also nicht erreichen. In den verschiedenen Braunkohlenteerdestillaten ist eine geringe Menge karbolsäureartiger Stoffe enthalten, die aus bestimmten Gründen aus denselben entfernt werden muß; dies geschieht durch Behandlung mit Natronlauge. Aus der hierbei entstehenden alkalischen Lösung werden mittelst Säure die sauren Öle ausgefällt. Sie dienten früher, als man noch die karbolsäureartigen Stoffe des Teeröles für die Konservierung als besonders wichtig ansah, zur Herstellung von hochprozentigem karbolsäurehaltigem Imprägnieröl. Vereinzelt wird noch in Braunkohlengruben zur Imprägnierung der Grubenhölzer Kreosotnatronlösung verwendet. Wegen der heute wohl von allen erfahrenen Fachleuten anerkannten Ansicht über den in Wirklichkeit nur geringen Wert der Karbolsäure für die dauernde Konservierung des Holzes kommen die Braunkohlenteersäuren für die Holzkonservierung wohl kaum noch in Frage. Somit ist die Verwendung von Braunkohlenteer und seinen Produkten heute praktisch ohne Bedeutung.

3. Holzteer und seine Produkte.

Der Holzteer wird in außerordentlich verschiedener Beschaffenheit bei der Destillation und Schwelerei von Holz erhalten. Er ist bald von sirupartiger Dickflüssigkeit, bald dünnflüssig wie ein gutes Imprägnieröl. Diese Verschiedenheit hängt ab von der Art des zur Destillation verwendeten Holzes und davon, ob die Holzdestillation selbst in Retorten oder durch Schwelen in Meilern erfolgte. Im ganzen bestehen alle Holzteersorten aus einer Lösung von Holzteerpech und einem Gemisch von neutralen Kohlenwasserstoffen mit sauren, karbolsäureartigen Stoffen und wenig Kohlenstoff. Seit langer Zeit wird Holzteer zum Anstreichen von Seilerwaren und Schiffshölzern (oberhalb der Wasserlinie) mit außerordentlichem Erfolg verwendet, und es hat sich der Holzteer als ein ganz hervorragendes Holzkonservierungsmittel erwiesen; wenigstens in allen den Fällen, wo ein Anstreichen der zu schützenden Stoffe genügte, also bei Gegenständen von geringen Stärkeverhältnissen. Für die Konservierung starker Hölzer genügt, wie bereits erwähnt, ein Anstreichen auch mit den besten Imprägnierungsmitteln nicht. Hierfür ist vielmehr eine möglichst vollkommene Duchtränkung aller durchtränkbaren Teile erforderlich. Dafür sind aber die meisten Holzteersorten zu dickflüssig. In letzter Zeit angestellte Versuche haben ergeben, daß sich selbst die sonst so leicht durchtränkbaren Kiefernschwellen mit Holzteer nicht durchtränken lassen, und es wurde auf Grund von Untersuchungen des Teeres vor und nach mehrmaligen Tränkungen mit demselben Teer die Behauptung aufgestellt, das Bitumen (Pech) des Teeres werde mehr vom Holz zurückgehalten als die anderen Bestandteile des Teeres. Entgegen dieser Behauptung läßt sich mit jedem Holzteer auf geeignete Weise jedes Holz, soweit es durchtränkbar ist, vollkommen durchtränken, wenn der Holzteer nur durch Zusatz von geeigneten Ölen auf die richtige Dünnflüssigkeit gebracht wird und frei von Kohlenstoff ist. Hierfür sind sowohl Steinkohlenteeröle als auch durch Destillation von Holzteer gewonnene Holzteeröle brauchbar, und es können auf diese Weise Imprägnieröle von einer für ein gutes Holzkonservierungsmittel geradezu idealen Eigenschaft geschaffen werden. Allein außer in den Produktionsländern des Holzteeres, wie Schweden und Rußland, stellt sich dieses sonst hochwertige Imprägniermittel zu teuer. Auch ist die Menge des gewonnenen Holzteeres zu gering, als daß sie für eine solche Holzkonservierung in großem Maßstabe in Frage käme.

4. Erdöl und seine Produkte.

Das rohe Erdöl wird in ganz verschiedener physikalischer Beschaffenheit gewonnen. Einige Sorten sind sehr dünnflüssig, andere dickflüssig und wiederum andere haben eine mittelmäßige Dickflüssigkeit. Die dickflüssigen Öle sind aus den gleichen Gründen, wie bereits bei den Steinkohlen-, Braunkohlen- und Holzkohlenprodukten besprochen, nicht geeignet zur Imprägnierung, weil ihre Dickflüssigkeit sie an genügendem Eindringen in das Holz hindert. In dieser Beziehung wären wohl die dünnflüssigen Erdöle für die Imprägnierung von Holz geeignet, wenn nicht ihre

antiseptische Kraft zu gering wäre. Es sind zwar mit dem dickflüssigen Texasöl Tränkungsversuche gemacht und die so getränkten Hölzer an Stellen verlegt worden, an denen rohe Hölzer bereits in wenigen Monaten zerstört waren. Hier haben denn allerdings die so getränkten Hölzer eine bessere Lebensdauer als die rohen gezeigt, doch ist die Erfahrung mit diesen Hölzern für ein abschließendes Urteil noch zu gering. Nach festgestellten Tatsachen darf man der Tränkung von Holz mit Texasöl schon wegen der Feuersgefahr keine Bedeutung zumessen, sind doch in Galizien und Rumänien ganze Eisenbahnstrecken infolge Aschenauswurfs der Lokomotiven verbrannt. Die Erdölprodukte, die dünnflüssig genug sind, um genügend tief sich in das Holz einpressen zu lassen, sind leicht verdunstbar und, da man die Beobachtung gemacht hat, daß trotz der geschilderten Geringwertigkeit der Erdöle für die Holzkonservierung die Schwellen in solchen Gleisen, in denen Erdöl entladen wurde, und dabei die Schwellen stets von neuem mit Erdöl benetzt sind, während dieser Zeit vor Fäulnis geschützt blieben, der Fäulnis aber anheimfielen, nachdem diese Gleise nicht mehr der Ölentladung dienten und die Schwellen durch Verdunsten ihr Öl verloren hatten, so versuchte man, Erdöl, sowohl zu verdicken als auch mit starken antiseptischen Mitteln zu mischen. Dies geschah z. B. durch Behandeln von Erdöl in der Siedehitze mit Schwefel. Hierbei destillieren die leichten Bestandteile ab, während andere veränderliche Stoffe einen Asphaltierprozeß durchmachen, sei es durch Polymerisation oder durch Wasserstoffabspaltung oder beides zugleich und durch Eintritt von Schwefel. Auf diese Weise wird selbst aus dünnflüssigem Erdöl ein Produkt von schwerer Verdunstbarkeit und besserer antiseptischer Kraft erhalten, das sich auch leicht in Holz einpressen läßt; aber die antiseptische Kraft des Steinkohlenteeröles wird auch von diesen Produkten nicht erreicht.

Charitschkoff fand, daß gewisse Bestandteile des Erdöles, die Naphthensäuren, die bei der Reinigung des Petroleums in großen Mengen in Baku gewonnen werden, von den Bestandteilen des Erdöles die höchste antiseptische Kraft besitzen. Die mit diesen Naphthensäuren angestellten Konservierungsversuche an Holz haben aber kein einwandfreies Ergebnis gezeigt. Dasselbe gilt von den Versuchen, in Erdöl stark antiseptische Körper, wie Nitrobenzol und andere organische Stickstoffverbindungen zu lösen. Wenngleich diese Zusätze an und für sich sehr starke Antiseptika sind, so ist doch der praktische Wert solcher Holzkonservierung gering. Hierher gehört auch noch der Vorschlag, große Mengen von Schwefel in Erdöl heiß aufzulösen und mit dieser Lösung Holz zu tränken. Nach dem Erkalten sollte sich der gelöste Schwefel ausscheiden und das Holz schützen. Auch diese Versuche sind ohne Erfolg geblieben.

Endlich sind noch Erdöl und seine Destillate, vermischt mit Steinkohlenteer und dessen Destillaten, zur Erzielung von Imprägnieröl verwendet worden. Hier sind besonders zu nennen: Die Vorschläge von Polifka-Hacker und Bolzius. Die ersteren gipfeln darin, daß gewisse Erdöldestillate, wie Blauöl und Grünöl mit karbolsäurereichen Destillaten des Holzteeres und des Steinkohlenteeres gemischt werden. Diese

Gemische sind zwar zur Tränkung von Holz sehr geeignet, da aber die verwendeten Erdöldestillate leicht verdunsten und keine antiseptische Wirksamkeit haben, andererseits die konservierende Wirkung der Karbolsäure nur von kurzer Dauer ist, so kann man auch diesen Vorschlägen keine große Bedeutung zusprechen. Hierzu kommt noch, daß diese Mischungen meist während des Stehens oder Erwärmens pechartige Körper absetzen, die das Eindringen in das Holz verhindern und von denen die Mischung auf nicht ganz einfache Weise befreit werden muß, wenn man klares Öl erhalten will. Von größerer Bedeutung ist namentlich für die Erdöl produzierenden Länder, die arm an Steinkohlenteer sind, der Vorschlag von Bolzius, rohes Erdöl und rohen Steinkohlenteer miteinander zu vermischen. Herbei scheiden sich geringe Mengen Pech aus, die sämtliche ungelöste Stoffe des Teeres und Erdöles mechanisch niederreißen, und leicht mechanisch entfernt werden können. Wird das so erhaltene Öl in der Wärme mit Luft behandelt, wobei die leicht siedenden Bestandteile beider Rohprodukte abdestillieren, so wird nach dem Erkalten ein ausgezeichnetes Imprägnieröl von hoher antiseptischer Kraft erhalten. Dieses Öl enthält sämtliche schwersiedenden Bestandteile des Erdöles und des Teeröles und fast das ganze Bitumen beider. Es kann also von einer Verdunstung aus den getränkten Hölzern keine Rede sein. Ferner ist die antiseptische Kraft der Steinkohlenteer-Kohlenwasserstoffe eine so außerordentliche, daß das gesamte Produkt ein geradezu ideales Konservierungsmittel für Holz darstellt. Selbstverständlich ist für die Herstellung des Öles der Preis des Erdöles maßgebend und kann nur bei niedrigen Preisen des rohen Erdöles in Frage kommen.

III. Mischungen von wässerigen Lösungen mit Ölen.

Es ist auch versucht worden, wässerige Salzlösungen, in Mischung mit Ölen, zur Tränkung von Holz zu verwenden, um die vorteilhaften Eigenschaften beider Tränkungsmittel auszunützen. Die einzige Mischung, die jemals im großen Anwendung gefunden hat, ist die Mischung von Steinkohlenteeröl mit Chlorzinklauge. Der Vorgang dieser Mischungstränkung, sowie die mit ihr verbundenen Vor- und Nachteile, sowie die mit ihr erreichten Erfolge sind bei den wässerigen Salzlösungen unter „Emulsion von Zinkchloridlösung und Teeröl" ausführlich beschrieben.

IV. Lösungen von harzartigen Körpern in geeigneten Lösungsmitteln.

Nachdem bekannt war, daß der Kern der Kernhölzer durch seinen natürlichen Gehalt an Harz- und Gummistoffen vor Holzzerstörern geschützt ist, lag der Gedanke nahe, auch den Splint mit solchen Stoffen immun zu machen dadurch, daß man ihn mit diesen Stoffen, die in geeigneten Lösungsmitteln, wie Öl, Benzol, Benzin u. a. gelöst wurden, durchtränkte und durch Destillation die Lösungsmittel dem Holz wieder entzog. Eine derartige Behandlung müßte nebenbei auch noch den

Vorteil bieten, daß das Holz dadurch, daß seine Zellräume mit einer festen, indifferenten Masse ausgefüllt sind, nicht mehr befähigt ist, sich dem jeweiligen Feuchtigkeitsgrad seiner Umgebung anzupassen und, wie der Fachmann sagt, zu „arbeiten". Im kleinen hat man wohl Buchenhölzer zu Parkettfußböden mit einer Lösung von Harz in Öl so behandelt; Bedeutung im großen haben aber alle Vorschläge dieser Richtung nicht gewonnen, weil alle derartigen Verfahren an den hohen Kosten und der Feuergefährlichkeit der imprägnierten Hölzer litten.

In folgendem Anhang sind die vom Jahre 1700—1876 zur Holzkonservierung verwendeten Mittel und Verfahren zusammengestellt; eine Zusammenstellung der betreffenden Patente folgt später (s. Teil 5).

Anhang zum zweiten Teil.

Zusammenstellung von Mitteln und Verfahren zur Holzkonservierung.

A. Zeittafel der seit dem Jahre 1700 bis zum Jahre 1876 zum Konservieren des Holzes angewendeten Mittel[1]).

Jahr	Autor	Angewendete Mittel	Art und Weise der Konservierung
1705	Homberg	Quecksilberchlorid	Eintauchen des Holzes in die wässerige Lösung des Salzes.
1730	Job. Baster	Quecksilber- und Arsenpräparate	Eintauchen des Schiffsbauholzes in die betreffende Lösung.
1740	Reed	Holzessig	Eintauchen des Holzes.
1740	Fagot	Alaun, Eisenvitriol	Eintauchen.
1740	„	Wasserdampf	Das Holz wird der Einwirkung des Dampfes ausgesetzt.
1756	Hales	Holzessig, Teeröl	Durchtränken des Holzes mittels angebrachter Bohrungen. Eintauchen in die siedende Masse.
Um 1756	?	Heißer Holzteer	Einlegen des Holzes in die siedende Substanz.
1767	Jackson	Lösung von Seesalz, Kalk, Zinkvitriol, Alaun, Bittersalz und Asche in Seewasser	Das Holz wird mit kleinen, eingebohrten Löchern versehen u. in die Lösung eingelegt.
1768	Constable	Pulverisierter und angefeuchteter Arsenkies	Anstreichen des Holzes mit dieser Masse.
1770	Encyclopédie économique	Alaun, Seesalz, Eisenvitriollösung, Galläpfel	Das Holz wird in die Lösung getaucht, um es unverbrennlich zu machen. Die Galläpfel dienen zur Färbung desselben.

[1]) Armengaud, Publ. industrielle. Vol. 22. p. 164 und Polytechn. Zentralblatt 1875. S. 286; nach Heinzerling, Konservierung des Holzes 1885. S. 201.

Jahr	Autor	Angewendete Mittel	Art und Weise der Konservierung
1772	Horlemann	Seewasser	Einlegen des Holzes [1]).
1772	Salberg	Eisenvitriol, Eisenoxyd, Teer	Das getrocknete Holz wird mit Eisenvitriol imprägniert, von neuem getrocknet und mit Teer überzogen.
1778	Migneron	?	Einlegen des Holzes in Dampfkessel, welche mit der konservierenden Flüssigkeit gefüllt sind.
1779	Pallas	Eisenvitriollösung, dann Kalkwasser	Nacheinanderfolgendes Eintauchen in beide Lösungen.
1789	Acrel	Seesalz- oder Eisenvitriollösung	Eintauchen.
1798	White	Gebrannter Kalk	Einhüllen und Trocknen des Holzes in gebrannten Kalk.
1798	Wolmeister	Seesalzlösung	Anstreichen und Eintauchen (Stöckhardt).
1801	Grusmann	Kohle, eisenhaltiger Torf	Eintauchen des Holzes in eine aus den genannten Substanzen hergestellte Lauge.
1805	Mackonochie	Harzige Dämpfe des Teakholzes oder anderer harziger Stoffe	Das in einer Dampfkammer befindliche Holz wird mit den Dämpfen imprägniert.
1805	Nystron	Salpetersaures Eisenoxyd, Eisenvitriol etc.	Färben des Holzes mit den angegebenen Substanzen.
1806	Perkins	Seesalz	Die Zwischenräume des Holzes sollen mit Salzkristallen ausgefüllt werden.
1808	Engl. Admiralität	Oberflächliche Verkohlung	—
1809	Landwirtsch. Zeitung	Kolophonium, Walfischtran, Schwefel und Ocker	Mehrfaches Anstreichen des Holzes.
1810	Cadet de Gassicourt	Färben des Holzes mit Metallsalzen	—
1811-1812	Lukin	Fette und teerhaltige Dämpfe	Trocknen und Imprägnieren des Holzes.
1812	Cook	Steinkohlenteer	Teeren der Schiffe.
1812	?	Gelöschter Kalk, Holzasche, feiner Sand und Öl	Zweimaliges Anstreichen des Holzes.
1813	B. Champy	Talg	Eintauchen in geschmolzenen Talg, der auf 120° erwärmt wurde.
1815	Chapman	Eisenvitriollösung, Anstrich mit Leinöl u. Eisenvitriol oder Kalkwasser	Das in Eisenvitriol eingelegte und getrocknete Holz wird mit Öl oder Pech angestrichen. Eintauchen des Holzes in Kalkwasser.
1815	Cawden	Seewasser	Mehrwöchentliches Einlegen des Holzes (Stöckhardt).
1815 (?)	Semple	Trocknen des Holzes durch Rauch, dann Eintauchen in erhitzten Teer oder Leinölfirnis	—

[1]) Beobachtung an antiken Hölzern in Baies.

Jahr	Autor	Angewendete Mittel	Art und Weise der Konservierung
1818	Callender	Das Holz wird gedämpft und dann getrocknet	—
1818	Dagneau	Abkochung bitterer Pflanzen mit Teer gemischt	Heißer Anstrich für Schiffe zum Schutz gegen die Bohrmuscheln etc.
1818	Philosoph. Magazine	Konzentrierte Lösung von Soda oder Pottasche, dann holzessigsaures Eisen oder Blei. Oder auch holzessigsaures Blei, dann Alaun	Bestreichen des Holzes mit der ersten siedenden Lösung, dann mit der zweiten Flüssigkeit.
1820	Pastley	Unzerlegbare Lösungen	—[1])
1820	Sargent	Dampf, Öle	—[1])
1820	Sanderson	Holzteeröl, Holzessig	Einlegen in die siedende Masse.
1821	Parkes	Teer aus Holzessig oder Teer, Talg und Harz	Anstreichen des Holzes mit der siedenden Mischung.
1821	Dinsdale	Holzteer	Anstreichen oder mehrfaches Eintauchen.
1821	Knowles u. Davy (?)	Quecksilberchlorid	Eintauchen.
1822	Newman	Wasserdampf	Behandeln des Holzes mit Dampf zur Entfernung des Saftes in einer Dampfkammer.
1822	Roguin	Einweichen des Holzes in heißem Wasser, dann Trocknen desselben	—
1822	Prechtl	Dämpfe von Teer	Das Holz wird erst reinem Wasserdampf, dann dem Dampf einer Mischung von Wasser und Teer ausgesetzt (Stöckhardt).
1822	Lacroix	Leinölfirnis	Anstrich.
1822	Soc. d'encour?	Leinölfirnis	Anwendung des erhitzten Firnis.
1822	Cook	Pottaschelösung	Einlegen des Holzes oder Benutzung einer Maschine, welche den Saft aussaugt, der durch die Lösung ersetzt werden soll[2])
Geg. 1823	Kyan	Quecksilberchlorid	Einlegen[2]).
1823-1824	Watterton	Quecksilberchlorid in Alkohol gelöst	—[2])
1823	Oxfort	Teeröl mit Chlorgas behandelt	Wiederholte Anstriche[3]).
1824	Cox	Mischung von Fischtran, Harz und Schwefel	Tränken des Holzes durch Anstreichen oder Einreiben (Stöckhardt).
1824	Luscombe	Teer, mit Teeröl und verrostetem Eisen erhitzt	Anstreichen des Holzes mit dieser Mischung.
1824	Bill	Teer	Einlegen des getrockneten Holzes in den siedenden Teer [3]).
1825	Fuchs	Kieselsaures Natron	Imprägnieren des Holzes [3]).

[1]) Soll das Holz biegsam machen.
[2]) Besonders zur Konservierung anatomischer Präparate geeignet.
[3]) Soll das Holz unverbrennlich machen.

Jahr	Autor	Angewendete Mittel	Art und Weise der Konservierung
1825	Knowles	—	—[1])
1825	Hancok	Lösung von Gummi elasticum in Terpentinöl oder Teer	Anstrich für Holz oder Tauwerk [1]).
1826	Lengton	Das erhitzte Holz wird im luftleeren Raum behandelt (mit?)	Einweichen des Holzes im Wasser und Trocknen durch Dampf.
1826	Newmarch	Mischung von Leinöl, Eisenvitriol, Grünspan, Arsenik, Alaun	Kochen während 3—4 Stunden (Stöckhardt).
1826	Hartig	Ankohlen des Holzes, Teer, Mutterlauge, wiederholte Teeranstriche	Eintauchen oder Anstreichen.
1828	Marsch	Kalkhydrat und Fischtran	Anstreichen.
1828	Gossier	Salzlösungen, die sich gegenwärtig zerlegen und in dem Holze eine unlösliche Substanz lassen, z. B. Kalziumchlorid, Glaubersalz, Eisenvitriol, arsensaures Natron	Abwechselndes Eintauchen in die betreffenden Lösungen.
1829	Reybert	Die hölzernen Bretter werden zuerst in Wasser gelegt, dann in einer Kammer mit Wasserdampf behandelt u. in einem Herde getrocknet	—
1829	Carey	Mischung von Seesalz, Kohlenpulver und Öl	Durchbohren des Holzes, Einführen der Mischung, Verstopfen der Löcher.
1830	Cte. de Marolles	Einlegen des Holzes in schlammiges Wasser, dann Trocknen desselben	—
Geg. 1831	?	Arsenige Säure	—
1831	Robert Stevenson	Imprägnieren des Holzes mit Eisenvitriol, Quecksilberchlorid, Kreosot	—
1831	Bréant	Eisenvitriol, Leinöl etc.	Das Holz wird in einem vertikalen Zylinder aufgestellt, den man luftleer macht. Dann wird die Flüssigkeit unter starkem Druck eingepreßt.
1832	?	Rauch	Das Holz wird dem Rauche von langsam verbrennendem grünem Holze lange Zeit ausgesetzt (Stöckhardt).
1832	Sturling-Benson	Quecksilberchlorid	Eintauchen.
1832	? 1836 Chevalier	Teer und Abkochen von Tabaksblättern	Anstrich oder Eintauchen.
1833	Fabrik in Chemnitz	Konzentr. schweflige Säure	Verkohlung der Oberfläche des Holzes.

[1]) Veröffentlicht eine Übersicht der bis dahin angewendeten Methoden.

Jahr	Autor	Angewendete Mittel	Art und Weise der Konservierung
1833	?	Harz in Fischtran gelöst	Wiederholtes Anstreichen und Reiben (Stöckhardt).
1833	?	Kautschuk i. fett. Ölen gel.	Desgl. (Stöckhardt).
1833	Gouezon	1. Pulverisierte Ziegelsteine, gelöschter Kalk etc. 2. Leinöl, Harz und Teer	Anstreichen des Holzes mit der ersten, dann mit der zweiten Masse.
1833	Recueil industrielle	Rauch	Das Holz wird eine Woche lang in eine Rauchkammer gelegt.
1834	Strutzki	Eisenvitriollösung	Wiederholte Anstriche oder Einlegen des Holzes in Schichten von Schwefelkies (Stöckhardt).
1835	Brunel	Asphalt	Anstreichen des bei Wasserbauten benutzten Holzes.
1835	Monteith	Kalkwasser	Eintauchen (Stöckhardt).
1835	Moll	Dämpfe von Holzteer und Kreosot	Imprägnieren des Holzes mit den Dämpfen in festgeschlossenem Raume.
1835	Payen?	Lösung von Harz in Terpentinöl	Imprägnierung des Holzes mit der heißen Lösung.
1836	Bronner	Dämpfe von Holzteer und Kreosot	Das in einer Dampfkammer eingeschlossene Holz wird von den Dämpfen, welche komprimiert werden können, durchzogen.
1837	Letellier	Lösung von Quecksilberchlorid und dann Gelatine	Das Holz wird in die erste Lösung getaucht, getrocknet und dann mit der zweiten angestrichen.
1837	Gotthill	Harzige Lösungen, z. B. Teer oder Terpentinöl mit Seesalz	Eintauchen auf 1—2 Stunden in die auf 108—188° R erhitzte Lösung mit oder ohne Anwendung von Druck.
1837	Dr. Granville	Mutterlaugen der Salinen	Eintauchen.
1837	Flocton	Teeröl und holzessigsaures Eisen	Eintauchen (Stöckhardt).
1837	Gesellschaft in Annaberg	Wasserglas und Salzsäure	Einlegen des Holzes während 30 Tagen in Wasserglaslösung, dann Einlegen in verdünnte Salzsäure; Waschen, Trocknen und Einreiben mit Öl (Stöckhardt).
1837	Dr. Boucherie	Holzessigsaures Blei oder Eisen, Kupfer-, Eisen- oder Zinkvitriol, Quecksilberchlorid, färbende Subst.	Aufsaugen der Lösung durch den lebenden Baum und auch durch Verdrängen des Saftes.
1838	Bethell	Schwere Teeröle 1853, Metallsalze, Trocknen in heißer Luft und Rauch, Teeren	Das Holz wird in einen Zylinder gestellt und 1. Luftleere herbeigeführt, 2. die Flüssigkeit eingelassen, 3. diese durch eine Druckpumpe komprimiert.
1838	Burnett	Zinkchlorid	Eintauchen oder Anwendung des eben beschriebenen Apparats.
1838	Ardoin	Kupfersalze, besonders Kupfervitriol	Eintauchen des getrockneten Holzes. Am oberen Ende des Gefäßes wird ein Saugapparat aufgestellt.

Jahr	Autor	Angewendete Mittel	Art und Weise der Konservierung
1838	Treffy	Gegenseitig sich zerlegende Salze, z. B. Kupferchlorür Kalkwasser	Abwechselndes Eintauchen in die Lösungen (Stöckhardt).
1839	Charpentier	Lösungen von Eisenvitriol und schwefelsaurer Tonerde	Eintauchen des Holzes und nachheriges Trocknen.
1839	Aroza	Quecksilberchloridlösung	Eintauchen.
1839	Levien	—	Einpressen der konservierenden Flüssigkeit durch Kolben und Schraube.
1840	Carny	Seesalz	—
1840	Fleselle	Substanzen, die sich gegenseitig zersetzen, z. B. Wasserglas und dann verdünnte schweflige Säure	Das Holz wird zuerst gedämpft, dann die Alaun- oder andere Lösung eingeführt, zum Sieden mittels Dampfes erhitzt und der Alaun durch Pottaschelösung zerlegt (Stöckhardt).
1840-1864	Prof. Melzens	Teer	Wiederholtes Eintauchen in heißen Teer.
1841	Lloyd Margary	Kupfervitriollösung	Eintauchen des vorher getrockneten Holzes.
1841	Bourdon	Lohe, Gerbsäure	Imprägnieren des Holzes mit Abkochung von Lohe.
1841	Pons	Lösung von salpetersaurem Eisen, Salpeter, Alaun etc.	Eintauchen (Stöckhardt).
1841	Muenzing	Lösung von Manganvitriol durch Kalk neutralisiert	Eintauchen.
1843	Parkes, dann Passey (1845)	Schwefelkohlenstoff oder Kreosot in Lösung von Kautschuk	Anstreichen oder Imprägnieren.
1843	Earle	Eisen- oder Kupfervitriollösung	Eintauchen.
1844	Burkes	Wasserglas und Eisenvitriol	Das gedämpfte Holz wird erst mit Eisenvitriol, dann mit Wasserglas imprägniert.
1844	Mormot	Alaun, Zink- oder Eisenvitriol	Eintauchen resp. unter Herstellung eines luftleeren Raumes. Darauf Anstrich mit Asphalt, Teer etc.
1844	Tissier	Lösung von Eisen-, Kupfer- oder Zinkvitriol oder Alaun	Trocknen des Holzes und Herstellung eines luftleeren Raumes vor dem Einführen der Lösung.
1845	De Saint	1. Zinkvitriol oder Zinkchlorid, 2. schwache Seifenlösung	Imprägnieren des Holzes mit beiden Flüssigkeiten nacheinander.
1845	Ransome etc.	Wasserglas, durch eine Säure zerlegt	Austreiben der Luft aus dem Holze, Einführen der Wasserglaslösung unter Druck und Eintauchen in eine Säure (Stöckhardt).
1845	Fusey und Pelletier	Teer, Harz oder Fett enthaltende Bäder auf 110 bis 150° erwärmt	Eintauchen des Holzes in das erwärmte Bad.
1845	Claudot	Trocknen und Dörren des Holzes	—

Jahr	Autor	Angewendete Mittel	Art und Weise der Konservierung
1845	Sainte-Preuve	Verschiedene antiseptische Flüssigkeiten	Behandeln des Holzes mit Wasserdampf, Einführen der konservierenden Substanzen.
1845	Favrin	Siedender Teer mit $^1/_{10}$ Schwefel- oder Salzsäure	Eintauchen des Holzes in die angegebene Mischung.
1846	Benzat und Banner	1. Kupfervitriol oder Kupferchlorid, 2. Chlorbarium.	Einführen der beiden Lösungen nacheinander mit Payns Apparat.
1846	Levalley-Duperron	Heißer Asphalt	Anstreichen.
1846	De Monicault	Teer, Kalk, Fett, Zinksalz	Das Holz wird in einen vertikalen Kessel gelegt, der die angegebenen Substanzen enthält, oder auch Anwendung von Damf und Druck.
1846	Knab	Kupfervitriollösung	Einlegen des Holzes in die auf 60^0 erwärmte Lösung.
1846	Payn	Ablagern von Schwefel in den Poren des Holzes durch Zusammenwirken von Schwefelbarium und Eisenvitriol	Einführen der Lösungen unter Benutzung der Luftleere und des Drucks nach Bréants Prinzip und Bethells Dispositionen.
1846	Renard-Perrin und Testud de Beauregard	Färben des Holzes mit Metallsalzen	Einführen der Lösungen durch einen Saugapparat.
1846	Ador	Abscheiden von Kieselsäure aus alkalischen Silikaten durch flüchtige Säuren	Auftragen mehrerer Schichten der Silikate auf das Holz, zuletzt eine Schicht von schwefelsaurem Baryt. Zuleiten saurer Dämpfe, welche das Abscheiden der Kieselsäure bewirken.
1847	Grenon, Petit	Gegenseitig sich zerlegende Lösungen, teerhaltige Substanzen	Durchtränken, Reiben mit Bürsten, Anwendung eiserner Zylinder.
1847	Wactten u. Brochard	1. Chlorkalzium u. schwefelsaures Natron, 2. Eisenchlorid etc., 3. Teer, Schieferöl	Das Holz wird gedämpft und mit den beiden ersten Substanzen im luftleeren Raum imprägniert. Zuletzt Einpressen der teerhaltigen Masse.
1847	Busse	Schwefel, Teer, Kalk, feiner Sand	Anstreichen.
1847	Fournier, Caillot	Lösungen von kohlensaurem Kalk, kohlensaurem Natron, Manganvitriol	Mittels einer Luftpumpe eingepreßt.
1847	Millet	Konservierende oder färbende Substanzen	Aussaugen des Saftes durch Einblasen von Dampf, heißer Luft, mittels einer Druckpumpe.
1847	Lafollie	Kupfervitriol	Infiltration.
1847	Cox	Erhitzen bis nahe zum Verkohlen, Eintauchen in Teer und Stearinsäure, Zusatz von Arsenik und Quecksilbersublimat	Anwendung der Luftleere und des Drucks.

Jahr	Autor	Angewendete Mittel	Art und Weise der Konservierung
1847	De Wetterstedt	Teerhaltige Substanzen	Aussaugen der im Holze enthaltenen Luft (Giberton).
1847	Giberton	(Wetterstedt)	
1848	De Gemini	Trocknen des Holzes; Imprägnieren mit Metallsalzen und Teer	Benutzung eines dem Bréantschen ähnlichen Apparates.
1848	Lecour	Erhitzter Salmiak und Dämpfe von Holzessig	Ausführung des Imprägnierungsverfahrens in Dampfkammern.
1848	De Quatrefages	Quecksilberchlorid, Kupfervitriol, salpetersaures Kupfer	— [1])
1848	Hoene-Wronski	1. Alaunlösung, 2. Öl mit Eisenoxyd gesättigt	Einlegen des Holzes während 1 bis 2 Tagen in die erste Lösung, dann Trocknen und Eintauchen in die zweite siedende Lösung.
1848	May	Schweres Teeröl, Kreosot	Das Holz wird überhitztem Wasserdampf, dann Wasser- und Kreosotdämpfen in einem sehr festen Gefäße ausgesetzt; oder alleinige Anwendung des Kreosotdampfes [2]).
1848	Hutin und Boutigny	Schieferöl, oberflächliches Verbrennen, Teer, Pech, Gummilack	Eintauchen in Schieferöl, Anzünden und Auslöschen in Pech etc.
1848	Violette	Überhitzter Wasserdampf	Verkohlung des Holzes.
1848	Baudet	Hohe Temperatur	In einem Ofen auf 80—100° erhitzt.
1848	Brochard	Flüssigkeiten, welche die Bildung eines unlöslichen Eisensalzes bewirken	Maschine zum Aussaugen des Saftes und Einpressen der Lösungen.
1849	Dickschen	Seesalz, Eisendrehspäne, Teer	Bohren von Löchern in das Holz, Einlegen in die Salzlösung und Teeren.
1850 (?)	Dr. Wright	—	Trocknen des Holzes, Eintauchen in die konservierende Flüssigkeit.
1850 (?)	Pollak	Zwei sich zerlegende Flüssigkeiten, Schwefelkalzium und Manganvitriol	Anwendung zweier Zylinder zur Einführung der Flüssigkeit.
1850	Francois	1. Zinksalz, 2. Sulfide der Alkali- oder Erdmetalle	Eintauchen des Holzes in die Zinklösung, Abwaschen mit der zweiten Lösung.
1850	Hochgesangt	Verzeichnis verschiedener sich zersetzender Salze	Eintauchen in die betreffenden Salzlösungen.
1851	Meyer d'Uslar	1. Wasserglaslösung und Borsäure, 2. Wasserglas u. borsaures Natron, Sand	Trocknen des Holzes und Tränken desselben mit den beiden Lösungen. Anstreichen unter Erwärmung des Holzes auf 80 bis 100°.
1851	Schweppe	Gasteer und Sand	Eintauchen in siedenden Teer. Bestreuen mit Sand.

[1]) Zum Töten der Bohrmuscheln im Seewasser.
[2]) Für die Hirnseiten der Eisenbahnschwellen.

Jahr	Autor	Angewendete Mittel	Art und Weise der Konservierung
1852	Videgrain	Asphalt, Kalkpulver, Kiessand	Schmelzen in einem Kessel, der das Holz in horizontalen Schichten enthält.
1852	De Fontenay	Fettsäuren, an Metalloxyde gebunden, Schmieröle der Wagen	Eintauchen des Holzes in die bis zum Sieden erhitzten Fette.
1852	Fontenau	Geteerter Filz	Einlegen zwischen Schwelle und Eisenbahnschiene.
1853	Dering	Rückstände aus galvanischen Batterien	Einlegen.
1853	Apelt	Schwefelkieshaltige Kohle von Opelsdorf	Bedecken mit der schon effloreszierten Kohle.
1853	Le Chatelier, dann Dessicating Comp.	Trocknen des Holzes und Einlegen in Kreosot	Besondere Einrichtungen der Trockenräume.
1854	Baist	1. Kupfervitriol, 2. Teer, 3. Ankohlen	—[1])
1855	Jackson	Mischung von Zinkchlorid und Eisenchlorid	—[1])
1855	Réal	Zinkchlorid und Zinkvitriol Schwefelbarium, Eisenvitriol etc.	Einpressen der Lösungen mit einer Druckpumpe.
1856	Barlow	—	Einblasen der Luft in die Hohlräume des Holzes, um das Aufnehmen der Konservierungsflüssigkeit zu erleichtern.
1856	Grasset	Zwei sich zerlegende Mittel: Schwefelkalzium und Kupfervitriol	Benutzung der Luftleere, Einpressen der Lösungen durch eine hohe Flüssigkeitssäule.
1856	Haut de Lassus etc.	1. Schwefelkalzium oder Schwefellithium, 2. Eisenvitriol	Austreiben des Saftes, Imprägnieren unter Druck.
1856	Schweppe und Trottier	Pech oder Öl, Eisenvitriol etc.	Ein hoher vertikaler Kessel, in welchem das Holz steht, wird mit den konservierenden Substanzen gefüllt und von unten geheizt.
1856	Thellier-Verrier	Zement aus pulverisierten Steinen und kieselsaurem Kali	Anstreichen des Holzes und nach dem Trocknen mehrfaches Eintauchen in kieselsaures Kali.
1857	Lege Fleury und Pinonnet	Kupfervitriol	Einführen der Lösung mittels des verbesserten Bethellschen Apparates, der ganz aus Kupfer besteht.
1857	Péligot und Guyon	Meerwasser	—[2])
1857-1867	Lingr. Crépin	Kreosot, Kupfervitriol	—[3])
1858	Wohl	Karbolsaures Natron, Eisenvitriol	Anstrich mit der ersten Substanz; Eintauchen in die zweite [3]).

[1]) Vergleichende Versuche mit diesen Mitteln.
[2]) Péligot untersuchte Holz aus dem Hafen des alten Karthago.
[3]) Vergleichende Versuche mit diesen Stoffen.

Jahr	Autor	Angewendete Mittel	Art und Weise der Konservierung
1858	Engl. Anstrich	Bleiweiß, Bleiglätte, Leim, Leinöl, Terpentinöl	Auftragen mittels der Maurerkelle.
1859	Dorsett	Teeröl oder Kreosot, Eisenvitriol	Imprägnierverfahren unter Anwendung des luftleeren Raumes
1859	Dorsett und Blythe	Kupfervitriol	Einführen der Lösung mittels eines von der kupferhaltigen Flüssigkeit nicht angegriffenen Apparates.
1859 bis 1864	Niederländ. Akademie d. Wissenschaft-	Teer, Talg, Harz und gepulvertes Glas	Anstreichen.
„	„	Paraffin	Anstreichen.
„	„	Steinkohlenteer	Mehrere Schichten kalt auftragen.
„	„	Ankohlen	—
„	„	Kupfervitriol	Methode von Bouchérie.
„	„	Eisenvitriol	—
„	„	Essigsaures Bleioxyd	—
„	„	Wasserglas und Chlorkalzium	—
„	„	Teeröl, durch Destillation von Torf gewonnen Kreosot	—
„	„		—
1860	Armstrong	—	Bewegliche Maschine für das Imprägnieren. [1])
1860	Fragneau	—	Desgleichen.
1861	Petitjean	Kupfervitriol	—
1861	Le Technologiste	Harzige, ölige Substanzen oder Metallsalze etc.	Einführen der Flüssigkeiten in Heizkammern (96—260° C) unter Einwirkung von überhitztem Dampf.
1861	Guibert	Rauch	Der Rauch zirkuliert um das Holz [2]).
1861	Dingl. Journ.	Harz, Kreide, weißer Sand, Leinöl, rotes Kupferoxyd, Schwefelsäure	Anstreichen mit einem Pinsel [2]).
1862	De Lapparent	Oberflächliche Verkohlung	Verkohlen über einem Gasgebläse.
1862	„	Schwefelbarium, Leinöl, Leinölfirniß	Anstreichen.
1862 (?)	De Robert	Rouener Weiß, Leinöl	Anstreichen [3]).
1862	Rottier	Schwere Teeröle	—[3])
1862	A. Forestier	Desgleichen	Benutzung einer der Bethellschen ähnlichen Maschine.
1863	Fumet Dejort	Konzentrierte Lösung von Seesalz	Eintauchen.
1864	Hugon	Oberflächliche Verkohlung	Neuer Apparat zur Ausführung der Operation unter Benutzung komprimierter Luft.

[1]) Bemerkungen über den Einfluß des Holzsaftes auf die kupferhaltige Lösung.
[2]) Wahrscheinlich Kupferoxydul.
[3]) Versuche über Konservierung.

Jahr	Autor	Angewendete Mittel	Art und Weise der Konservierung
1865	Cochin-chinesisches Verfahren	Harzige Substanzen	—
1869	Büttner und Möhring	Dämpfe und Zinkchlorid	Unter Druck.
1869	Sigmund Bee	Borax	Imprägnieren.
1873	Hatzfeld	Gerbsaures Eisen	Imprägnieren.
1873	Hochberger	Petroleum	Anstreichen (gegen Hausschwamm).
1875	Treutler	Steinkohlenteeröl	—
1875	Münzing	Manganvitriol	—
1876	M. Rößler	Essigsaures Zinkoxyd	—

B. Zusammenstellung der zur Holzkonservierung angewendeten Mittel und Verfahren nach der Patentliteratur.

a) Vorbereitung des Holzes (Dämpfen usw.)
b) Vulkanisieren des Holzes (d. i. Konservieren des Holzes ohne Benutzung spezieller Imprägniermittel).
c) Ankohlen des Holzes.
d) Konservierung des Holzes durch besondere Art von Überzügen.
e) Stockschutz für Maste.
f) Teer, Teeröl und Mineralöle.
g) Mischungen von Teer u. dgl. mit Salzen.
h) Emulsionen von Teer u. dgl.
i) Anorganische Salze und Stoffe (einfache Tränkung).
k) Organische Salze und Stoffe außer den unter f) angeführten.
l) Gemische von anorganischen und organischen Stoffen außer den unter g) angeführten.
m) Doppeltränkung unter Bildung fester Niederschläge im Holze.
n) Behandlung mit Gasen und Dämpfen bzw. zerstäubten Flüssigkeiten.
o) Eintauchverfahren.
p) Imprägnierung unter Anwendung von Vakuum und Druck.
q) Saftverdrängungsverfahren.
r) Imprägnierung unter Zuhilfenahme von in das Holz eingebohrten Löchern.
s) Imprägnierung unter Benutzung eines elektrischen Stromes.

Dritter Teil.

Verhalten roher und konservierter Hölzer gegen äußere Einwirkungen.

Von Marine-Oberbaurat **Ernst Troschel**-Berlin.

A. Hölzer in Innenräumen und im Freien.

Jede Konservierung soll schädliche Einwirkungen auf das Holz möglichst fernhalten, im besonderen die Entwicklung der Holzschädlinge auf oder in dem Holze verhindern, das Holz dadurch vor Zerstörung bewahren und so seine Lebensdauer verlängern. Je nach dem Standort, der Temperatur und dem umgebenden Medium sind die eingebauten Hölzer der Zerstörung durch Pilze oder Bohrtiere in verschiedenem Grade ausgesetzt.

Die Strebe eines Dachbinders, die von allen Seiten von der Luft bestrichen und gegen die Unbilden der Witterung geschützt ist, wird, wenn sie lufttrocken eingebaut ist, durch Fäulnispilze nicht angegriffen werden, da diese in der Trockenheit nicht gedeihen können. Das Trocknen und Trockenhalten des Holzes erweist sich hier also als ein Konservierungsmittel gegen Fäulnis. Wird aber in dem Dachgeschoß eine Waschküche eingebaut, so daß die Binderstrebe durch den aufsteigenden Wasserdampf feucht wird, so wird sie bald von Fäulnispilzen angegriffen werden. Es wäre auch nicht viel gewonnen, wenn man vor dem Einbau der Waschküche den Dachbinder mit Ölfarbe streichen würde, um die Feuchtigkeit vom Holz abzuhalten. In die Fugen der Holzverbindungsstellen dringt die Ölfarbe nicht ein, wohl aber der Wasserdampf und von hier aus würde die Verschwammung des Holzes erfolgen.

Mit einem die Poren verschließenden Oberflächenanstrich wird nur etwas gewonnen, wenn das Holz vor dem Anstrich gesund und gut ausgetrocknet war und annähernd in den Luft- und Temperaturverhältnissen bleibt, die beim Streichen herrschten. Wird feuchtes Holz mit einem gut deckenden Anstrich versehen, so wird es unter dem, den Luftzutritt und die Verdunstung erschwerenden Überzug brüchig oder, wie der technische Ausdruck lautet, „sprockig". Sind Fäulniskeime im Holz vorhanden, so fault es unter dem Anstrich viel schneller, als wenn es dem Einfluß der Atmosphäre ausgesetzt wäre. Diese Erfahrung hat man oft mit

Bauhölzern gemacht, die als Fachwerksbalken vor dem Austrocknen mit Ölfarbe gestrichen waren. Geteerte Balkenköpfe, die das Holz vor Fäulnis schützen sollen, bewirken, wenn die Balken feucht eingebaut sind, das Gegenteil. Aber selbst für lufttrockenes Holz bedeutet ein deckender Anstrich nicht immer ein Konservierungsmittel. Das im sog. lufttrockenen Holz enthaltene Wasser beträgt immerhin noch etwa 12 bis 15% des Holzgewichts und verdunstet weiter, wenn es vom Lagerplatz in wärmere Räume gebracht wird. Ist die neueinsetzende Verdunstung nun durch einen deckenden Anstrich behindert, so wird auch dies Holz in kurzer Zeit brüchig und unbrauchbar. Diese Erfahrung wurde bei einem feuersicheren Anstrich für die sog. Praktikabeln (die auf der Bühne verwendeten Gerüste und Podien) in der Wiener Hofoper gemacht. Die Holzgerüste waren wahrscheinlich in freier Luft oder in ungeheizten Räumen gestrichen worden und konnten in den trockenen und warmen Bühnenräumen ihre Feuchtigkeit nur schwer abgeben. Sie wurden bald morsch und brachen beim Betreten in Stücke [1]). Es findet hier wohl ein ähnlicher Vorgang statt, wie er sich im Walde bei frischgefälltem grünen Laub- und Nadelholz abspielt, das man bei warmer Witterung in der Rinde liegen gelassen hat und das, wie man sagt, erstickt.

Das poröse Zellengefüge der Hölzer hat also ständig das Streben, seinen Wassergehalt dem Feuchtigkeitsgehalt der umgebenden Luft anzupassen, bis ein gewisser Gleichgewichtszustand erreicht ist. Bei fäulnisschützenden Anstrichen oder Imprägnierungen müßte man dieses Streben, um eine Zerstörung des Holzes zu verhindern, entweder begünstigen oder man müßte sämtliche Hohlräume (Lumina) der Zellen des gedarrten Holzes durch ein geeignetes Verfahren so gründlich verstopfen, daß das Zellengefüge seine hygroskopischen Eigenschaften verliert. Das erstere sucht man durch solche dünnflüssigen Anstriche und Imprägnierungsmittel zu erreichen, die die Poren nicht verstopfen, sondern offen lassen; das letztere will man durch wiederholte Trocknung in Trockenkammern und nachfolgende Imprägnierung mit einem Gemisch von Harz und Öl für Buchenhölzer kleineren Formats auch schon erreicht haben [2]).

Ebenso schädlich wie die deckenden Anstriche wirken oft die Bekleidungen der Hölzer mit Blech, Dachpappe oder anderen wasserdichten Stoffen. Auf der Kaiserlichen Werft in Danzig waren die nach außen geführten Fußstreben der Binderstiele einiger älterer Holzschuppen zum Schutze gegen die Witterungseinflüsse mit Zinkblech beschlagen. Die Untersuchung zeigte, daß nur die Hölzer, soweit sie mit Zink umkleidet waren, durch Fäulnis gelitten hatten; alles andere Holz war gut erhalten. Zwischen der Blechumhüllung und der Holzoberfläche war wahrscheinlich Wasser eingedrungen und an der Verdunstung gehemmt. Ähnliche Ergebnisse sind bei Dalben und anderen freistehenden Pfählen erbracht, die mit einer Blechhaube gekrönt sind. Auch hier tritt unmittelbar unter der Blechhaube die Fäulnis oft am stärksten auf.

[1]) Andes, „Das Konservieren des Holzes". Wien, Hartlebens Verlag, S. 231.
[2]) Imprägnierungsverfahren für Buchenriemen von Amendt in Andés, „Das Konservieren des Holzes", S. 218, A. Hartlebens Verlag, Wien.

B. Hölzer unter Wasser.

Ebenso wie in warmer, trockener Luft werden die ständig unter Wasser bleibenden Hölzer von Fäulnispilzen verschont. Auch alles Floßholz in den Flüssen ist vor Fäulnis sicher, da der Wassergehalt der schwimmenden Hölzer auch oberhalb des Wasserspiegels zu groß ist, als daß Fäulnispilze ihre Lebensbedingungen im Holze finden könnten. Doch nur im Süßwasser, und zwar im fließenden, sind die Hölzer vor Feinden geschützt[1], im Salzwasser nur gegen Fäulnis, nicht aber gegen Bohrtiere. Eine Änderung im Salzgehalt des Wassers kann den Unterwasserhölzern ebenso verhängnisvoll werden, wie den Überwasserhölzern eine Änderung im Feuchtigkeitsgehalt der Luft. Eine ständig unter Wasser bleibende Spundwand im Süßwasser des Ems-Jade-Kanals bei Wilhelmshaven war vor jedem Holzschädling geschützt, gegen Fäulniskeime wie gegen Landbohrtiere, weil diese nur über Wasser gedeihen können, und gegen Wasserbohrtiere, weil diese ausschließlich auf Salzwasser angewiesen sind. Das die Spundwand bestreichende Süßwasser bildete hier das Konservierungsmittel. Als die Schleuse, die diesen Süßwasser-Kanal mit dem Seehafen der Stadt Wilhelmshaven verband, einige Kilometer landeinwärts zurückgesetzt wurde, drang auch das Seewasser bis zu dieser Schleuse vor, und alles unter Wasser befindliche Holzwerk in der Strecke zwischen der alten und der neuen Schleuse einschließlich der oben erwähnten Spundwand war nun durch den Bohrwurm und die Bohrassel gefährdet.

In den Tropen ist der Bohrwurm Teredo ganz besonders gefräßig und befällt zu jeder Jahreszeit die Hölzer, während in unseren Breiten das Holz unter Wasser nur im Sommer, etwa vom Juni bis August, befallen wird. Holzwerk, das nur im Winterhalbjahr mit dem Seewasser in Berührung kommt, wie etwa Gerüstholz zu Ausbesserungsarbeiten, hat den Bohrwurm also nicht zu fürchten, doch kann es immerhin von der Bohrassel befallen werden, deren Freßlust von der Jahreszeit weniger abhängig ist.

Die in Hamburg und Bremen ankommenden ausländischen Hölzer, besonders das amerikanische Mahagoniholz, sind bisweilen so stark vom Bohrwurm zerfressen, daß der dritte Teil der Ladung wertlos ist[2]. Diese Hölzer konnten im Süßwasser der Flüsse, auf denen sie zum Meere geflößt wurden, vom Bohrwurm nicht heimgesucht werden, sondern nur im Salzwasser der Seehafen, in denen sie als Floßholz auf das Verladen in die Dampfer warten mußten. Die veränderte Beschaffenheit des Wassers hat also hier allein die Zerstörung des Holzes ermöglicht. Auf verschiedene Weise könnte man diese Floßhölzer gegen Bohrwurmbefall schützen. Wenn man die Schwärmzeit der Bohrwurmlarven für die entsprechenden Ausfuhrhäfen ermittelt, könnte man das Ladegeschäft in die bohrwurmfreie Jahreszeit legen. Werden die Hölzer zu allen Jahreszeiten befallen, so könnte man die Hölzer in der Mündung der Flüsse, wo der Salzgehalt

[1] Die in einigen stehenden Gewässern gefundene, holzzerstörende Zuckmückenlarve (s. d.) ist außer Betracht gelassen.

[2] Ernst Wiehe: Fremde Nutzhölzer. Bremen 1912, S. 89.

des Wassers noch nicht 1% beträgt, zurückhalten und dort die Schiffe beladen. Schließlich würde das Holz auch vor Schaden geschützt werden, wenn man es erst dann aus dem Süßwasser der Flüsse in das Salzwasser des Seehafens brächte, wenn das Schiff ladebereit ist, denn der Bohrwurm vermag in einigen Tagen noch keinen nennenswerten Schaden anzurichten, und würde beim Verladen des Holzes sofort absterben.

Das Vordringen der Bohrtiere von See aus in die Flußmündungen ist in den einzelnen Jahren verschieden und nur vom Salzgehalt des Wassers abhängig. In trockenen Jahren, wenn wenig Wasser in den Flüssen ist und das Seewasser mit der Flut die Flüsse hinaufsteigt, wird auch der Bohrwurm sich weiter als gewöhnlich in den Flüssen ausbreiten können. Die Jahre, in denen der Bohrwurm in Holland ganz besonders verheerend auftrat (1580, 1731, 1770, 1827, 1858 und 1859) sind sämtlich regenarme Jahre gewesen [1]).

C. Einfluß des Wassergehaltes auf die Festigkeit.

Daß der Wassergehalt des Holzes die Festigkeit beeinflußt, ist eine bekannte Tatsache, doch wurde die Größe dieses Einflusses lange Zeit stark unterschätzt. Zur Klärung dieser Frage haben bisher wohl amerikanische [2]) und österreichische [3]) Forscher am meisten beigetragen, und ihre Untersuchungen, die ergaben, daß nasses Nadelholz nur die Hälfte der Druckfestigkeit des trockenen besitzt, haben allgemein überrascht.

Nach Janka ist die Druckfestigkeit der Fichte am höchsten im völlig trockenen (gedarrten) Zustande, nimmt von hier aus mit dem Wachsen des Wassergehaltes allmählich ab und erreicht bei etwa 50—100 v. H. Wassergehalt (bezogen auf das Darrgewicht) sein geringstes Maß.

Die Biegungsfestigkeit des nassen Holzes beträgt etwa zwei Drittel des lufttrockenen [4]).

Zwei von Janka [5]) aufgestellte, im Auszug wiedergegebene Tabellen mögen ein Bild geben von der Wirkung des Wassergehaltes auf die Druck- und Biegefestigkeit.

Aus Tabelle 1 ersehen wir, daß die Druckfestigkeit des nassen Holzes, also der im Wasser stehenden Pfähle, noch nicht halb so groß ist als die des lufttrockenen Holzes [6]). Wenn wir für die zulässige Druckbean-

[1]) Vgl. H. G. Bronn: Klassen und Ordnungen des Tierreichs. Leipzig 1862, 3. Band, 1. Abt., S. 517.

[2]) Progress in timber physics U. S. Dep. of Agriculture Washington 1898.

[3]) Mitteilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Österreichs. I Fichte Südtirols, Anton Hadek & Gabriel Janka, Wien 1900.

[4]) Mitteilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Österreichs, II Fichte von Nordtirol, Gabriel Janka, Wien 1904, S. 51 u. 108.

[5]) Mitteilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Österreichs, III Fichte aus den Karpathen, Gabriel Janka, Wien 1909, S. 41 u. 43.

[6]) Nach der „Aufstellung einheitlicher Methoden für die Prüfung von Holz" des internationalen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik (Brüsseler Kongreß 1906) wird empfohlen, 12% als Normalfeuchtigkeitsgehalt des lufttrockenen Holzes anzunehmen und die Beobachtungswerte auf den Normalfeuchtigkeitsgehalt (12%) umzurechnen.

Tabelle I.

Abhängigkeit der Druckfestigkeit vom Wassergehalt des Fichtenholzes.

		Spezifisches Gewicht		Druckelastizität und -Festigkeit			
Feuchtigkeitszustand der Probeprismen	Feuchtigkeitsprozent	bei der Probe	im absolut trockenen Zustande	Elastische Verkürzung pro 1 Tonne Belastung	Elastizitätsmodul	Grenztragmodul	Druckfestigkeit (Bruchmodul)
		100fach		cm	t/cm²	kg/cm²	kg/cm²
Lufttrocken	13.9	42.4	38.9	0.00199	115.1	202	347
Luftfeucht	17,0	40.1	36.7	0,00227	99.1	200	283
Naß . . .	63,1	67,9	39,6	0.00213	96,8	49	172

Tabelle II.

Abhängigkeit der Biegungsfestigkeit vom Wassergehalt des Fichtenholzes.

		Spezifisches Gewicht		Biegungselastizität und -Festigkeit			
Feuchtigkeitszustand der Biegeproben	Feuchtigkeitsprozent	lufttrocken bei der Probe	im absolut trockenen Zustande	Elastische Durchbiegung pro 0,1 Tonne	Elastizitätsmodul	Grenztragmodul	Biegungsfestigkeit Bruchmodul)
		100fach		cm	t/cm²	kg/cm²	kg/cm²
Lufttrocken	13.8	42.2	38.7	0 0830	104.1	338	584
Luftfeucht	19,3	40.7	36.9	0.0960	89.1	268	496
Naß . . .	57,8	58,4	38,8	0,1018	84,0	155	336

spruchung eine fünffache Sicherheit annehmen, so dürften wir hiernach nasses Holz mit nur $\frac{172}{5} = 34.4$ kg cm² belasten, während nach der Allgemeinen Verfügung Nr. V der Königl. preuß. Wasserbau-Verwaltung für Nadelhölzer, unabhängig von dem Feuchtigkeitsgehalt, eine Beanspruchung von 60 kg/cm² zulässig ist.

In ähnlicher Weise wie die im Wasser stehenden vollständig nassen Hölzer können auch die nicht selten zu Neubauten, wie Landebrücken,

Gerüsten und Ausstellungshallen verwendeten Grünhölzer (Wassergehalt etwa 40%) überansprucht werden, namentlich wenn ihr Feuchtigkeitsgehalt durch anhaltenden Schlagregen noch vergrößert wird.

Tabelle 2 zeigt die Verminderung der Biegungsfestigkeit bei Vergrößerung des Wassergehaltes um mehr als ein Drittel. Die zulässige Biegungsbeanspruchung bei fünffacher Sicherheit wäre hiernach für nasses Holz $\frac{336}{5} = 67{,}2\,\mathrm{kg/cm^2}$, während für Wasserbauten $100\,\mathrm{kg/cm^2}$ gebräuchlich sind. Für die im Wasser stehenden Nadelhölzer wären die üblichen zulässigen Beanspruchungen bei weitem zu groß. Man müßte also entweder die Beanspruchungen verringern oder Mittel und Wege finden, die Festigkeit des lufttrockenen Holzes auch den wassersatten Hölzern zu erhalten. Das letztere scheint mir durchaus nicht unmöglich zu sein. Wenn man die Ursachen der Festigkeitsverminderung erkannt hat, wird es auch gelingen, den Schaden abzuwenden.

Die Festigkeitsverminderung des der Einwirkung des Wassers ausgesetzten Holzes scheint darauf zu beruhen, daß die beim trockenen Holz starren Klebstoffe der Zwischenräume (Interzellularen) aufgeweicht und die tragenden Zellfasern (Breitfasern oder Spätholz-Tracheiden der Nadelhölzer) aus ihrem festen Gefüge gelockert werden[1]). Während nun die verminderte Festigkeit der ständig unter Wasser bleibenden Hölzer von Wasserbauten konstant bleibt, wird die Festigkeit der eingelegten oder geflößten Hölzer sich vergrößern, sobald sie aus dem Wasser kommen und trocknen. Die ursprüngliche Festigkeit des lufttrockenen Holzes wird aber auch nach vollständiger Trocknung nicht wieder erlangt werden. Die Klebstoffe werden wohl nach dem Wasserverlust wieder fester, aber es ist nicht zu erwarten, daß die einmal aus dem innigen Zellverband verdrängten Zellen genau wieder ihre ursprüngliche, für die Festigkeit günstigste Lage einnehmen werden. Ferner werden wohl auch mit den Nährstoffen noch andere Stoffe, die in fester Form Anteil an der Festigkeit des Zellgerüstes hatten, im Wasser aufgelöst und fortgeschwemmt werden. Die geflößten Hölzer müßten daher eine bleibende Festigkeitsverminderung selbst nach dem Trocknen zeigen. Vergleichende Versuche mit geflößten und ungeflößten aus demselben Stamme geschnittenen Hölzern zur Feststellung der Druckfestigkeit sind bereits in den Jahren 1898—1902 von Janka gemacht worden.

Es wurden neun verschiedene Holzarten, und zwar Fichte, Tanne, Kiefer, Lärche, Rotbuche, Eiche, Walnuß, Ulme und Ahorn, der Einwirkung von Süß- und Salzwasser 18—43 Monate lang ausgesetzt und im lufttrockenen Zustande auf ihre Druckfestigkeit untersucht.

Bei den würfelförmigen Probekörpern (von 8—10 cm Kantenlänge) blieb die Druckfestigkeit im Durchschnitt aller Holzarten bei ungewässerten und gewässerten Hölzern unverändert, während die plattenförmigen Probekörper (von 2,5 cm Stärke) durch die Auslaugung erheblich an Druckfestigkeit verloren hatten. Bei den in Süßwasser gewässerten

[1]) Vgl. G. Lang „Das Holz als Baustoff", Zeitschrift f. Architektur und Ingenieurwesen, Heft 2, S. 105, Hannover 1913.

Platten war die Druckfestigkeit 7,4% und bei den Salzwasser-Platten 5,9% geringer geworden als die der unausgelaugten Vergleichshölzer [1]).

Die Biegungsfestigkeit dieser Hölzer ist von Janka nicht untersucht worden; auch sind mir Versuche anderer Forscher nicht bekannt. Für Wasserbauhölzer (Dalben und Leitpfähle) Leitungsmaste und Gerüstpfähle ist die Biegungsfestigkeit wichtiger als die Druckfestigkeit; es wäre daher wohl erwünscht, auch die Einwirkung der Flößung auf die Biegungsfestigkeit kennen zu lernen.

Da das unter Druck mit Wasser getränkte Holz wohl in ähnlicher Weise beeinflußt wird wie das geflößte Holz, so möge eine Prüfung der Biegungsfestigkeit solcher mit Wasser getränkten Hölzer als Anhalt für die Beurteilung der Biegungsfestigkeit geflößter Hölzer dienen.

Bei Gelegenheit der Prüfung verschiedener mit wässerigen Lösungen imprägnierter Hölzer durch das Königliche Material-Prüfungsamt in Lichterfelde (vom 29. Juli 1911) wurden auch einige mit Wasser imprägnierte Hölzer untersucht, und zwar wurde die Biegefestigkeit von fünf mit Wasser unter Hochdruck getränkten kiefernen Holzstäben in nassem Zustande und nach dem Austrocknen festgestellt und mit der Biegefestigkeit von fünf lufttrockenen, ungetränkten gleichartigen Stäben verglichen. Als Mittelwert der Bruchlast ergab sich für die ungetränkten Stäbe 153,4 kg, für die getränkten nassen 81,3 kg und für die getränkten nach dem Trocknen 122,7 kg. Die Festigkeit der nassen Hölzer war hiernach um etwa 47% [2]) und die der später getrockneten um etwa 20% vermindert, die Hölzer hatten also durch die Tränkung mit Wasser eine wesentliche Festigkeitsverminderung erlitten, die durch das Trocknen nur etwa zur Hälfte aufgehoben wurde.

Wenn sich das Ergebnis dieses kleinen Versuches, wie wohl zu erwarten ist, im Großen bestätigen sollte, so würde die Wasserdurchtränkung das Dämpfen und das Flößen oder Einlegen in Wasser nicht für Hölzer empfohlen werden können, von denen eine möglichst große Festigkeit erwartet wird.

Die Festigkeit des lufttrockenen Holzes könnte man dadurch den Hölzern erhalten, daß man die Einwirkung des Wassers auf das Zellgefüge verhütet. Bei Hochbauhölzern und anderen Hölzern, die ständig über Wasser bleiben, ließe sich das wohl durch sorgfältige Trockenhaltung des Holzes erreichen, bei Wasserbauhölzern durch die Teerölimprägnierung durch die ein das Wasser abweisender Teerölüberzug der Zellen hergestellt wird.

Bei der Vollimprägnierung mit Teeröl ist eine Wasseraufnahme des Holzes wegen der mit Öl gefüllten Hohlräume nicht zu befürchten [3]). Bei dem billigeren Rüping-Sparverfahren, bei dem nach erfolgter Vollimprägnierung ein Teil des Teeröles aus den Hohlräumen der Zellen wieder herausgezogen wird, so daß nur die Zellwände getränkt bleiben, kann das Holz in den Hohlräumen zwar etwas Wasser aufnehmen, doch

[1]) Janka 1907, Mitteilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Österreichs, 33. Heft, S. 65.

[2]) Vgl. die von Janka ermittelten Werte, Tabelle 2.

[3]) Vgl. Hütte 1911, 21. Aufl., Bd. 1, S. 739, Zeile 17 von unten.

sind die starren Teile des Zellgerüstes durch die Teerumhüllung vor der Einwirkung des Wassers geschützt.

Über die Wasseraufnahmefähigkeit unterrichtete ich mich durch einen kleinen Versuch mit rohen und teerölgetränkten Kiefernhölzern. Eine trockene Kiefernschwelle von 50 kg Gewicht wurde in der Mitte durchschnitten, eine Hälfte mit Teeröl (Rüpingsches Verfahren) getränkt, die andere unverändert gelassen und beide Teile dann in Süßwasser schwimmend eingelegt und 5 Monate lang beobachtet. Die mit 3,6 kg Teeröl getränkte Hälfte hatte in dieser Zeit nur 3,4 kg Wasser aufgenommen, während die Wasseraufnahme der ungetränkten 9,9 kg, also etwa dreimal soviel, betrug.

Dies Ergebnis hat für den Wasserbau noch insofern eine besondere Bedeutung, als ersichtlich ist, daß teerölgetränkte Schwimmfender, Flöße oder Prähme den ungetränkten nicht nur an Festigkeit, sondern infolge ihres geringeren Gewichtes auch an Schwimmfähigkeit überlegen sind.

Ein Auswaschen des Teeröls aus den Wasserbauhölzern, in ähnlicher Weise, wie es bei Imprägnierung mit Metallsalzen schon nach 1 Jahr zu beobachten ist, findet nicht statt. Der holländische Ausschuß zur Beobachtung der Bohrtiere hat beispielsweise festgestellt, daß in teerölimprägnierten Pfählen, die 13 Jahre lang im Wasser gestanden hatten, noch der größte Teil des Teeröls vorhanden war [1]).

D. Einfluß der Konservierungsmittel auf die Festigkeit des Holzes.

Manche Hölzer, wie Pfähle von Leitwerken, werden durch Bruch infolge von Schiffsstößen eher abgängig als durch andere holzzerstörende Einflüsse. Ganz vermeiden läßt sich solche Zerstörung natürlich nicht, denn die Leitpfähle sollen bei Schiffsstößen „biegen oder brechen"; aber durch sorgfältige Auswahl der Hölzer mit großer Biegungsfestigkeit läßt sich die Gefahr des Brechens immerhin einschränken. Die Pfähle müssen möglichst astrein und aus dem Stammende gewählt werden, außerdem ist es für die Biegungsfestigkeit vorteilhaft, die Pfähle mit Teeröl imprägnieren zu lassen, da nach den Versuchen des Kais. Telegraphen-Versuchsamts die Biegungsfestigkeit der nach dem Rüpingschen Verfahren mit Teeröl getränkten Kiefernhölzer um etwa 12—18% erhöht wird. Die Post hatte diese Versuche angestellt, um festzustellen, wie die Teeröltränkung die Biegungsfestigkeit der Telegraphenstangen, die z. T. durch Windbruch abgängig werden, beeinflußt.

Die Ergebnisse sind (nach Mitteilung des Kais. Telegraphen-Versuchsamts vom 26. Januar 1910) im folgenden zusammengestellt:

[1]) Vgl. Zentralbl. d. Bauverw. 1887, S. 78.

	Tränkverfahren	Erhöhung der Festigkeit gegenüber ungetränkten Stangen in %
I.	Luftdruck 2 Atm. Flüssigkeitsdruck 5 Atm.	etwa 18%
II.	Luftdruck $3^1/_2$ Atm. Flüssigkeitsdruck $6^1/_2$ Atm.	etwa 12%
III.	Luftdruck 5 Atm. Flüssigkeitsdruck 8 Atm.	etwa 16%.

Das Königliche Material-Prüfungsamt ind Groß-Lichterfelde hat ebenfalls die Festigkeit roher und teerölgetränkter Kiefernhölzer verglichen. und zwar nicht nur die Biegungsfestigkeit, sondern auch die Druck- und Scherfestigkeit (Prüfungszeugnis vom 13. Januar 1908). Durch die Teerölträukung erhöhte sich die Biegungsfestigkeit um 10,4%, die Druckfestigkeit um 12,56% und die Scherfestigkeit je nach Richtung der angreifenden Kraft um 6,06% (tangentiale Kraft) und 58,33% (radiale Kraft). Zu jedem dieser Versuche wurden drei rohe und drei getränkte Hölzer verwendet.

Auch mit rohen und teerölgetränkten Buchenhölzern wurden vergleichende Versuche angestellt (Königliches Material-Prüfungsamt, Prüfungszeugnis vom 25. 1. 1910 A. Nr. 47120 Abt. 1, Nr. 7165), aus denen sich ergab, daß Druck- und Scherfestigkeit durch die Imprägnierung erhöht wurde[1]), während die Biegungsfestigkeit annähernd dieselbe blieb. Die Druckfestigkeit der rohen und teerölgetränkten Buchenhölzer betrug 478 bzw. 561 kg qcm (Druckrichtung parallel zur Stammachse) und 105 bzw. 130 kg qcm (Druckrichtung senkrecht zur Achse). Scherfestigkeit 108 bzw. 121 (angreifende Kraft radial) und 134 bzw. 162 (tangential). Zugfestigkeit 1072 bzw. 1009 kg qcm. Zu jeder Versuchsreihe wurden 5—8 Hölzer verwendet. Die Durchschnittswerte der Festigkeitszahlen für Kiefern- und Buchenhölzer können bei einer so geringen Anzahl von Versuchshölzern nur als Anhalt für das Verhalten der Hölzer gelten. immerhin zeigen sie übereinstimmend eine Erhöhung der Festigkeit durch die Teerölträukung[2]).

Wenn der Hauptzweck der Imprägnierung auch der Schutz des Holzes gegen Fäulnis und Bohrtiere ist und nicht die Festigkeitserhöhung, so wird sie doch gern in Kauf genommen und bringt uns auf den Gedanken, auch den Einfluß anderer Konservierungsflüssigkeiten auf die Festigkeit des Holzes zu untersuchen. Ein Holzkonservierungsmittel darf natürlich nicht selbst Anlaß zur Zerstörung des Holzes geben und nicht die

[1]) Zum Härten von Buchenholz für Parkett-Fußboden wird eine Imprägnierung der Hölzer mit einem Gemisch von Harz und Öl vorgeschlagen. Vergl. „Der Holzkäufer", Stendal 1914 Nr. 76.

[2]) Zentralbl. d. Bauverw. 1913, Nr. 101, „Über die Festigkeit der Wasserbauhölzer."

Festigkeit erheblich herabsetzen. Bei Wandbekleidungen und ähnlichen Verwendungen, bei denen nur geringe Anforderungen an die Festigkeit des Holzes gestellt werden, könnte man eine beträchtliche Verminderung der Festigkeit durch die Konservierungsmittel zulassen, wenn das behandelte Holz durch sein Verhalten gegen Fäulnis und Feuer oder durch seine Färbung und Billigkeit besondere Vorteile böte.

Es ist bereits darauf hingewiesen, daß der Wassergehalt die Festigkeit ungünstig beeinflußt, und daß mit Wasser imprägnierte Hölzer auch nach dem Trocknen eine geringere Festigkeit aufweisen als unbehandelte lufttrockene Hölzer. In ähnlicher Weise werden auch Imprägnierungen mit wässerigen Lösungen die Festigkeit der Hölzer stets etwas herabsetzen.

Nach Versuchen des Königl. Material-Prüfungsamts in Groß-Lichterfelde (vom 29. Juli 1911) wurde die Biegungsfestigkeit gleichartiger Hölzer durch Imprägnierung mit Salzsäure (HCl) und Schwefelsäure (H_2SO_4) ganz erheblich, bis etwa um 40%, verringert. Die Bruchfestigkeit wurde nach dem Trocknen der Hölzer aus fünf Parallelversuchen ermittelt. Das rohe Holz brach bei 152,4 kg Belastung, das mit HCl imprägnierte (je nach der Konzentration von 2%, 5% und 10%) bei 119,4, 106,6 und 98,7 kg und das mit H_2SO_4 imprägnierte entsprechend bei 112,7, 104,1 und 89,3 kg. Ebensowenig wie diese Säuren dürfte man zum Konservieren von Hölzern solche Metallsalze verwenden, die die Zellulose auflösen, wie das „Schweizer Reagens" (ammoniakalische Kupfersalzlösung), mit Hilfe dessen künstliche Seide hergestellt wird [1]). Im allgemeinen sind bisher bei Untersuchungen über Holzkonservierungsmittel Ermittlungen über die Festigkeit der konservierten Hölzer außer acht gelassen worden. Die Untersuchungen und Statistiken beschränkten sich meistens auf die Lebensdauer der Hölzer und auf die Art des Befalls von pflanzlichen oder tierischen Holzzerstörern.

Die Hölzer sind entweder in besonderen Prüfungsanstalten und Laboratorien beobachtet worden oder, wie Bahnschwellen und Telegraphenstangen, auf der Strecke. Die letztere Art gibt die brauchbarsten Ergebnisse, da die wirklichen Verhältnisse der Praxis die Unterlage bilden, die Untersuchungen auf einer Prüfungsanstalt weichen mehr oder weniger von der Wirklichkeit ab, da die mechanischen und atmosphärischen Einwirkungen der Hölzer auf der Strecke schwer im Laboratorium nachzuahmen sind.

Ein Schutzanstrich gegen Fäulnis kann sich im Laboratorium bewähren, während er im Freien durch besondere Licht- und Witterungseinflüsse unwirksam werden kann. Andererseits kann ein stets in Ruhe befindliches Versuchsholz in der Prüfungsanstalt von Bohrtieren zerstört werden, während es als Bahnschwelle wegen der häufigen Erschütterungen verschont bleiben kann. (Siehe Termiten.)

[1]) Vgl. „Die Konservierung von Grubenhölzern" von Dr. Max Landau in Braunkohle, Zeitschr. f. Gewinn. u. Verwert. d. Braunkohle, Halle a. S. 1913, S. 7120.

E. Lebensdauer roher und imprägnierter Hölzer.

Die Materialprüfungsanstalt Kopenhagen hat in den Jahren 1904—11 mit 83 Konservierungsmitteln vergleichende Versuche an 1400 Pfählen, meist von Kiefern- und Fichtenholz, angestellt. Je zehn Pfähle, teils konserviert in die Erde gegraben wurden, wo sie sieben Jahre lang den Fäulniserregern ausgesetzt blieben[1]. Die Fäulnis hatte die rohen Kiefern- und **Fichtenhölzer nach 5—6 Jahren zerstört.**

Folgende Konservierungsmittel hatten Kiefern- und Fichtenholz innerhalb der sieben Jahre vor Fäulnis zu schützen vermocht:

1. Imprägnierung mit Karbolineum Phylotertion[2].
2. Kreosotöl.
3. Imprägnierung mit Teeröl und Chlorzink (Rütgerswerke).
4. Wassergasteer.
5. Sublimat (10 Tage lang eingelegt).
6. Zinkweiß mit Firnis oder Harzöl.
7. Bleiweiß mit Firnis.

Die Wirkung der beiden letzten Anstrichmittel aber ist besonders bemerkenswert und wohl nur durch besonders gute Austrocknung des Holzes vor dem Anstrich zu erreichen gewesen. Das gute Ergebnis der Teerölimprägnierungen ist nicht besonders überraschend. Ein Einlegen der Hölzer in Karbolineum unter Erhitzen der Flüssigkeit bis auf 105° C hatte weniger gute Ergebnisse gehabt. Das Fichtenholz zeigte sich ein wenig und das Kiefernholz bedeutend durch Fäulnis angegriffen. Wahrscheinlich war die hohe Temperatur den Hölzern nicht zuträglich gewesen.

Bei den Kopenhagener Untersuchungen wurde auch der Einfluß der Lage der Versuchshölzer in der Erde und ihrer früheren Lage im lebenden Stamm in den Kreis der Betrachtungen gezogen. Für Fichten- und Kiefernholz erwies sich die natürliche Stellung der Pfähle, also das Wurzelende unten und das Zopfende oben, am widerstandsfähigsten gegen Fäulnis (11—13% widerstandsfähiger als die umgekehrte Stellung). Probehölzer, die der Südseite eines Stammes entnommen waren, hatten einen etwa 10—13% höheren Widerstandsgrad gegen Fäulnis als die der **Ost- und Westseite entnommenen Teile.**

Da die Kopenhagener Untersuchungen sich nur auf sieben Jahre erstreckt haben, so ist ein Vergleich der einzelnen Konservierungsmittel, die die Probehölzer während der sieben Versuchsjahre vor Fäulnis **geschützt haben, nicht möglich.**

Um den Wert eines Konservierungsmittels zu prüfen, müßte man die Lebensdauer des rohen mit der des konservierten Holzes vergleichen.

[1] Meddelelse XIX fra Statsprøveanstalten. Kopenhagen 1912.

[2] Die Kgl. Techn. Versuchsanstalt in Berlin-Lichterfelde verwendet unter Karbolineum nicht nur die nach dem D. R. P. Nr. 40021 hergestellten, aber unter Zusatz von Chlorzink aus Steinkohlenteeröl gewonnenen Imprägnieröle, sondern auch allgemein schwere zum Imprägnieren dienende Steinkohlenteeröle, deren Asphalt, welche in der Hauptsache durch Abpressen von Anthracen befreit sind.

Die Angaben hierüber finden sich im folgenden Abschnitt bei Besprechung der einzelnen Baugebiete. Allgemein soll nur bemerkt werden, daß die Konservierung der Hölzer in den Baugebieten besonders wirtschaftlich ist, in denen die Lebensdauer der rohen Hölzer nur kurz ist. So beträgt sie bei kiefernen Eisenbahnschwellen 7–8 Jahre, bei Buchenschwellen 2—3 Jahre, bei kiefernen Pflasterklötzen oft nur drei Jahre, bei Grubenhölzern in Wetterstrecken höchstens ein Jahr und bei Wasserbauhölzern in den vom Bohrwurm heimgesuchten Gewässern häufig nur einige Monate. Die Lebensdauer der konservierten Hölzer beträgt dagegen bei kiefernen Schwellen etwa 20 Jahre, bei buchenen Schwellen 30 Jahre, bei kiefernen Pflasterklötzen 10—15 Jahre, bei Grubenhölzern wenigstens 8 Jahre, bei Wasserbauhölzern 20 Jahre und mehr.

Vierter Teil.

Anwendungsgebiete.

A. Eisenbahn-Oberbau.

Von

Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspektor a. D. **Ernst Biedermann**-
Berlin-Charlottenburg.

Das Holz findet als Baustoff auch innerhalb der gewaltigsten der modernen Unternehmungen, den Eisenbahnbetrieben, ausgedehnte Verwendung, und zwar ebensosehr zur Herstellung seines rollenden Fahrbetriebsmaterials, wie seiner unbeweglichen Anlagen. Die gleichwertigen Bezeichnungen „Dampfbahn" und „Eisenbahn" scheinen zwar darauf hinzuweisen, daß die „Kohle" als Kraftquelle für den Betriebsprozeß die Bedeutung habe, wie das Eisen für den Bau der unbeweglichen Anlagen, für den eisernen Schienenweg oder die Fahrbetriebsmittel. Neben dem Eisen und den sonstigen anorganischen Baustoffen der natürlichen und künstlichen Steine für die Herstellung der unbeweglichen Bauwerke, der Brücken, Stützmauern, Tunnel und Hochbauten aber spielt auch der jüngere noch lebende Urenkel der Kohle, das „organische Holz", keine untergeordnete Rolle.

In diesem Zusammenhange sei an den Bau des Wagenmaterials erinnert, bei welchem neben dem Eisen der Untergestelle die hölzernen Wagenkasten bisher durch andere Baustoffe ebensowenig haben verdrängt werden können, wie der hölzerne Baustoff der Brücken, Viadukte, Schutzgalerien und anderer Ingenieurbauwerke, der in waldreichen, durch die Eisenbahnanlage aufzuschließenden Ländern noch heute umfangreiche Anwendung findet: man denke hier an das große Eisenbahnnetz der Vereinigten Staaten, in dessen Überlandbahnen die hölzerne Gerüstbrücke (das trestle work) eine geradezu denkwürdige Rolle gespielt hat und unter ähnlichen Voraussetzungen auch weiter spielen wird. Aber weder um die großen Verwendungsgebiete des Holzes im Brücken-, noch im Hochbau des Eisenbahnwesens, die an anderer Stelle dieses Werkes besprochen werden, handelt es sich im nachfolgenden, sondern um das unscheinbare, parallelepipedische Gebilde des Eisenbahnoberbaues, „die Holzschwelle".

einerseits, um die Stange der oberirdischen Eisenbahntelegraphenleitungen andererseits [1]), die bei der großen Längenausdehnung des Schienenweges auf unserem Planeten und bei der grundlegenden Bedeutung, die diese Schwelle für den Oberbau der Eisenbahnen hat, ein Integral der Anlagewerte von gewaltiger wirtschaftlicher Tragweite darstellen.

I. Die bau- und betriebstechnische Stellung der Schwelle im Eisenbahnoberbau.

Der Oberbau besteht aus dem Gleise und der Bettung. Das Gleis bildet die Fahrbahn der Betriebsmittel, die Bettung hat den vom rollenden Rade ausgeübten Druck auf eine möglichst große Fläche des Unterbaues zu übertragen.

Das Gleis besteht aus den Schienen, auf denen die Räder der Fahrzeuge laufen, ihnen gleichzeitig seitliche Führung gebend, und den Schienenunterlagen, den Schwellen, welche die Schienen unterstützen und die Druckübertragung auf die Bettung vermitteln.

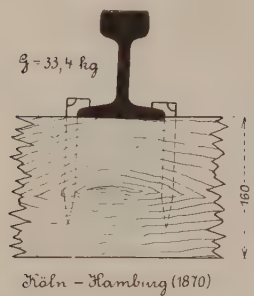


Abb. 168. Die Schwellennagelung.

Zur Befestigung der Schienen auf den Schwellen und zur Verbindung der Schienenenden sind als dritter Hauptteil die Befestigungsmittel nötig.

Sieht man von den mannigfaltigen Vorläufern ab, die die Geschichte der Oberbauentwicklung aufweist, so stellt Abb. 168 die einfachste Art neuerer Oberbauanordnungen dar, bei der die Schiene durch zwei Schwellennägel auf der hölzernen Querschwelle befestigt wird. Die zunehmende Verkehrssteigerung, das Wachstum der Zahl und der Geschwindigkeit der Züge, die Gewichtszunahme der Lokomotiven und Fahrzeuge bedingten Verstärkungen und Verbesserungen des Oberbaues. Neben der Einführung schwererer Schienen wurde allerorten der Schienennagel durch das Befestigungsmittel der Schwellenschraube nach Abb. 169 und 170 ersetzt, welcher eine größere Haftfestigkeit im Holze innewohnt, während der unmittelbare Druck des Schienenfußes auf die Schwelle durch Einschaltung von Unterlagsplatten auf eine größere Fläche verteilt wird. Die Ausdehnung der Eisenbahnnetze machte die Frage nach dem technisch vollkommensten Oberbausystem zu einem Problem von immer weittragenderer wirtschaftlicher Bedeutung. Anfang der achtziger Jahre setzten in den Kulturländern Bestrebungen ein, die hölzerne Querschwelle durch eiserne Unterschwellungsarten zu ersetzen, von denen man eine größere

[1]) Hier sei vorweg bemerkt, daß noch heute als Träger der oberirdischen Telegraphenleitungen, gleichgültig ob dieselben an längs der Strecke aufgestellten bahneigenen Gestängen oder an denen der Reichstelegraphenverwaltungen angebracht sind, fast ausschliesslich die hölzerne Stange, und zwar in den Kulturländern die teerölgetränkte Stange verwandt wird.

betriebliche Liegedauer erhoffte, als von der, der atmosphärischen Zerstörung in höherem Grade unterworfenen rohen Holzschwelle. Der, besonders von deutschen Verwaltungen begünstigten „eisernen Langschwelle" verschiedenster Querschnittsgestaltungen hafteten indes unvermeidbare technische Mängel an, welche zu ihrer Wiederbeseitigung führten.

Dieser, in schnellem Tempo in Deutschland eingeführte Langschwellenoberbau (im Jahre 1889 lagen in deutschen Bahnen 5618 km Gleise auf eisernen Langschwellen) gehört jetzt fast ganz der Vergangenheit an und muß als ein kostspieliger Versuch großen Styls bezeichnet werden, der nicht gehalten, was er versprach.

Die einfachste Form unmittelbarer Schienenbefestigung nach Abb. 168 wurde aber nicht etwa durch die ihr folgenden vervollkommneten

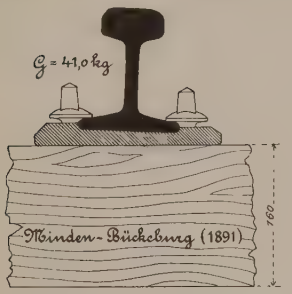


Abb. 169. Die Schraubenbefestigung.

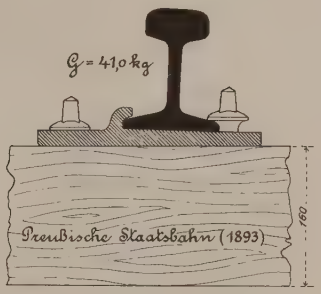


Abb. 170. Die Hakenplatte als Befestigungsmittel.

Oberbautypen ausgeschaltet. Die Familie der Eisenbahnen umfaßt bekanntlich recht verschiedenartige und verschiedenwertige Glieder, von der stark belasteten vollspurigen und mehrgleisigen Hauptbahn des internationalen Durchgangsverkehrs über die großenteils eingleisigen Nebenbahnen (Bahnen untergeordneter Bedeutung) bis herab zur Gattung der meist schmalspurigen Kleinbahnen [1]) für den sich verästelnden Ortsverkehr, denen sich zuletzt noch eine winzigste Gattung schmalspuriger Förderbahnen (die Feld- und Industriebahnen) angliedert.

Während die stark belasteten Durchgangsstrecken für den internationalen Personen- und Güter-Massenverkehr die schwersten Oberbautypen erfordern, genügen für das betriebliche Bedürfnis der Nebengleise (der Personen-, Güter-, Verschiebebahnhöfe) der Hauptbahnen, wie für den Betrieb der Neben- und vollends der nebenbahnähnlichen Kleinbahnen leichtere und einfachere Oberbauformen. Den verschiedenen betrieblichen Anforderungen innerhalb einer Gleisgattung vermag der

[1]) Für die vorliegende Betrachtung kommen nur die nebenbahnähnlichen Kleinbahnen des Überlandverkehrs in Frage, während die gesetzlich ebenfalls zur Gattung der Kleinbahnen gehörenden Hoch- und Untergrundbahnen des großstädtischen Schnellverkehrs einerseits, die Straßenbahnen andererseits, als Seitenzweige einer technisch anders gearteten Bildung ausscheiden.

Holzschwellenoberbau durch Anwendung größerer oder kleinerer Unterlagsplatten bzw. durch gänzliche Fortlassung derselben, durch Rückgriff vom vollkommeneren zum einfachsten Befestigungsmittel des Schwellennagels, endlich durch Vergrößerung des Abstandes der Schwellenentfernung sich zwanglos anzupassen, ohne das Konstruktionselement, die Holzschwelle selbst, preiszugeben. Eine Verringerung der Abmessungen des Holzschwellenkörpers selbst von 2.7 bis auf 1.2 m Länge und von 16/26 cm bis auf 10/16 cm Querschnitt trägt daneben der Bedeutung der Bahngattung selbst Rechnung.

Die einfachste Befestigungsart der Schiene gibt dem Holzschwellenoberbau infolge seiner schnellen Herstellungsmöglichkeit die höchste Verwendungsfähigkeit für Kriegszwecke. Sie ist die Oberbauanordnung für die Verkehrstruppen [1]), welche nach dem strategischen Aufmarsch der großen Heereskörper ein Vordringen in Feindesland und den benötigten Nachschub an Truppen-, Kriegs- und Verpflegungsmaterial wirksam unterstützt. Die Voraussetzung hierzu bildet ein an den Grenzen in Bereitschaft zu haltender größerer Bestand an Holzschwellen.

Nach dem mißlungenen Versuch, die Schiene in ihrer gesamten Längenerstreckung durchlaufend zu unterstützen, steht heute nur der Querschwellenoberbau in Anwendung. Derselbe hat dem Langschwellenoberbau gegenüber den Vorzug guter Seitenentwässerung des Planums, besserer Sicherung der Spurweite, sowie der Fähigkeit, den örtlichen Betriebsansprüchen, je nach der Belastetheit des Gleises, lediglich durch Verringerung der Schwellenentfernung, durch die Schwellenteilung, Rechnung zu tragen.

Die Mängel des eisernen Langschwellenoberbaues führten in Deutschland nun nicht geraden Weges zur Holzschwelle zurück, vielmehr unter Beibehaltung des Eisenstoffes und der Profilsformen der Langschwelle (Hilf, Hohenegger, Haarmann u. a.) auf neue Versuchsreihen mit eisernen Querschwellen. Sie haben in langjähriger Verbesserung ihrer Formen und Befestigungsmittel, unter steter Vergrößerung ihres Gewichts, in einigen Eisenbahnländern zu Oberbauanordnungen geführt welche dem verbesserten Holzschwellenoberbau als technisch gleichwertig an die Seite gestellt werden dürfen.

---

[1]) Mit diesem Gegenstand beschäftigte sich in der Militärischen Rundschau des „Tag" vom 24. Dezember 1912 ein Aufsatz „Der Oberbau der Eisenbahnen in kriegstechnischer Beziehung" aus der Feder eines höheren Generalstabsoffiziers, des Generalleutnant z. D. von Liebert. Der Verfasser stellt vom militärischen Standpunkt an eine Gleiskonstruktion die Forderungen der Einfachheit, des unmittelbaren Anpassungsvermögens an jede Art von Gleismaterial und für jede Spurweite, schnellster Möglichkeit der Herstellung und der Wiederherstellung zerstörter Strecken, in Verbindung mit sofortiger sicherer Befahrbarkeit eines solchen Gleises, selbst bei vorliegendem Mangel an gutem Bettungsmaterial. Er kommt zu dem Ergebnis, daß allein die Holzschwelle diese Forderungen gewährleiste, daß bei einem Vergleich der Eigenschaften der Holz- und Eisenschwelle nur die erstere den militärischen Forderungen entspreche. Aus diesem Urteil werden dann geradeswegs die praktischen Schlußfolgerungen für die deutsche Landesverteidigung gezogen, wobei es begrüßt wird, daß die Reichseisenbahnen, im Gegensatz zu den für den strategischen Aufmarsch nicht minder wichtigen Eisenbahnen der Rheinprovinz, von der Verwendung der Holzschwelle nicht abgegangen seien.

Während die außerdeutschen Eisenbahnstaaten Europas und die nordamerikanische Union fast ausschließlich die, durch verbesserte Tränkungsverfahren vervollkommnete Holzschwelle verwenden, ruhen von der Gleislänge aller deutschen Staatsbahnen gegenwärtig etwa 33% auf eiserner Unterlage; für dieses Verhältnis war der große Anteil des preußisch-hessischen Eisenbahnbesitzes entscheidend, innerhalb dessen die Eisenunterschwellung mit diesem Anteil vorherrscht. Die Urteile über die vorteilhafteste Unterschwellung sind in Deutschland selbst geteilt, was darin zum Ausdruck kommt, daß z. B. die Eisenbahnverwaltung Sachsens nur Holz-, diejenige Badens nur Eisenschwellenoberbau anwendet. Zeigt Abb. 171 das letzte Endglied in der Vervollkommnungsreihe des preußischen Oberbaues, den schweren Holzschwellenoberbau mit Hakenzapfenplatten, so Abb. 172 das technisch gleichwertige Glied in der Reihe der eisernen Unterschwellungstypen. Ihnen stellen die Abb. 173 und 174 die gleichartigen Lösungen des Holz- und Eisenschwellenoberbaues Sachsens und Badens gegenüber.

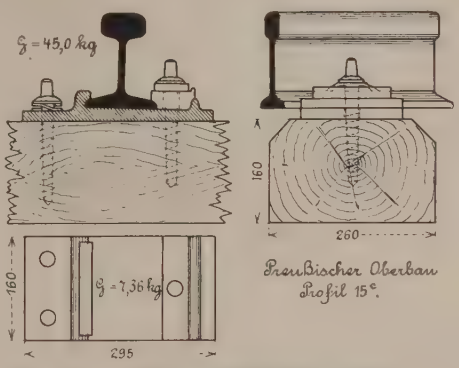


Abb. 171. Schwerer Holzschwellen-Oberbau mit Hakenzapfenplatte.

Zwischen Schienenfuß und Holzschwelle wirdbei allen diesen Oberbautypen eine eiserne Unterlagsplatte eingeschaltet, deren Größenzunahme und Gewichtssteigerung (von 4,5 über 5,7 auf 7,4 kg) die Abb. 169 bis 171 erkennen lassen. Die einfache Befestigung der Schiene durch zwei Schienennägel nach Abb. 168 war bereits in Abb. 169 einer solchen durch drei Schwellenschrauben gewichen, welche durch die Lochungen der offenen Unterlagsplatte hindurchgreifen, während in Abb. 170 die Schienenbefestigung auf der Platte von der der letzteren auf der Schwelle teilweise getrennt ist, um die Befestigungsmittel vor frühzeitiger Zerstö-

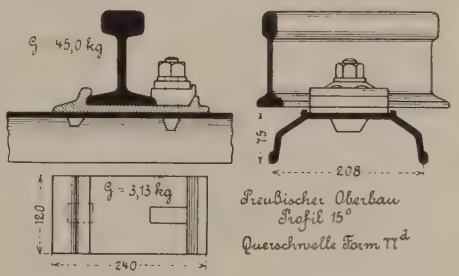


Abb. 172. Schwerer Eisenschwellen-Oberbau mit Hakenzapfenplatte.

rung durch den Schienenfuß zu bewahren. Dies wird in Abb. 171 und 172 durch Einschaltung einer Klemmplatte zwischen Schienenfuß und Befestigungsmittel vollständig erreicht. Beachtenswert ist, daß der Haken der Auflagerplatte nach Auffassung der sächsischen Staatsbahnverwaltung zweckmäßiger an der Innenseite anzuordnen ist. Abb. 173 läßt diese Plattengestaltung erkennen, bei welcher der in Krümmungen durch die Fliehkraft der Fahrzeuge veranlaßte Horizontalschub am Schienenfuß durch eine Leiste aufgenommen wird.

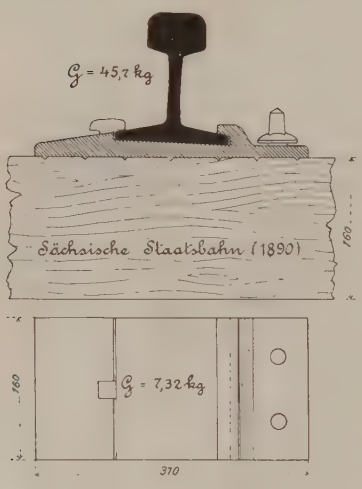


Abb. 173. Schwerer sächsischer Oberbau auf Holzschwellen.

Die eisernen Querschwellen haben trogartigen Querschnitt und sind an den Kopfenden mit seitlichen Abschlüssen versehen, um eine Verschiebung auf der Bettung zu hindern.

An Stelle der Schwellenschraubenbefestigung tritt bei ihnen die Befestigung der Klemmplatten durch Hakenschrauben nach Abb. 172, oder durch Spurplättchen und Klemmplattenschrauben nach Abb. 174.

Auch beim eisernen Querschwellenoberbau werden Unterlagsplatten verwendet, welche dann, wie in Abb. 172, mit einem eisernen Haken versehen sind, der unter die durchlochte Schwellenwandung greift.

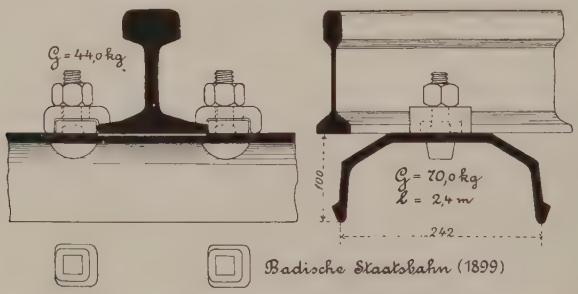


Abb. 174. Schwerer badischer Oberbau ohne Unterlagsplatte.

Unter die Schraubenköpfe gelegte stählerne Federringe oder Federplättchen sollen ein Lockern der Befestigungsmittel durch die Erschütterungen des Betriebes hindern.

Die beiden wichtigsten Mittel nun, den Widerstand der Holzschwelle gegen atmosphärische Einflüsse wie gegen die mechanischen Einwirkungen des Betriebes zu erhöhen, waren: 1. die Tränkung derselben nach den im Hauptabschnitt II geschilderten Tränkverfahren. 2. Die Verdübelung der Schwellen nach System Collet.

Bei letzterer wird die Haftfestigkeit der Schrauben gegen Herausziehen, seitliche Verdrückung und Überdrehung durch Einsetzen von Hartholz-Schraubendübeln in die Weichholzschwelle derart erhöht, daß die mittlere Lebensdauer der kiefernen Weichholzschwelle, welche durch die Teerölträukung von 8 auf 16 bis 18 Jahre gesteigert war, nunmehr auf 18—23 Jahre, d. h. auf nahezu die mittlere Lebensdauer der getränkten Buchenschwelle gebracht wird. Abb. 175 zeigt den Querschnitt eines verdübelten Holzschwellenoberbaues, wie solcher auf den stark beanspruchten Linien der Paris-Lyon-Mittelmeer-Bahn mit gutem wirtschaftlichen Erfolge in Anwendung steht. Auch in Württemberg und Bayern werden in größerem Umfange neu verdübelte Weichholzschwellen verwendet, während die preußische Eisenbahnverwaltung sich mit der späteren Verdübelung abgängiger Schwellen bisher begnügte, um dieselben auf weitere 4—6 Jahre gebrauchsfähig zu machen.

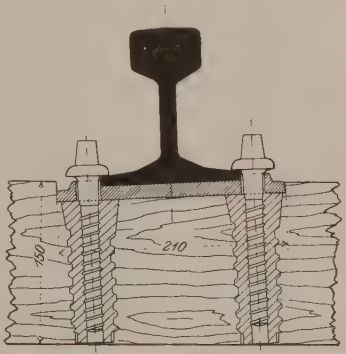


Abb. 175. Verdübelter Holzschwellen-Oberbau der P. L. M.-Bahn.

Die erfolgreichen Bestrebungen der deutschen Eisenindustrie, die hölzernen Schwellen durch eiserne zu ersetzen, haben in Deutschland Gegenbewegungen der an der Holzschwellenverwendung interessierten Erwerbskreise ausgelöst und damit die Frage der vorteilhaftesten Unterschwellung in den Vordergrund gerückt. Das Problem der „Schwellenfrage" läuft auf den wissenschaftlichen Nachweis der technischen und **wirtschaftlichen** Überlegenheit des einen oder des anderen der beiden Baustoffe „Holz oder Eisen" hinaus.

Die Vorbekanntschaft mit Inhalt und Stand dieser Schwellenfrage ist unerläßlich für eine Beurteilung der wirtschaftlichen Zukunft des Holzgewerbes, des Holzhandels, der Imprägniertechnik und einer großen Zahl anderer mit diesen Gewerbegruppen eng verbundenen Berufs- und Unternehmungsarten.

II. Die Verbreitung der Holzschwelle in den Eisenbahnnetzen der Erde.

Einen zuverlässigen Einblick in die Oberbauanordnungen der Eisenbahnländer gewährt Tab. 1, in welcher die auf die Unterschwellung

Tabelle I.

Lfd. Nr.	Eisenbahnland oder Eisenbahn-Verwaltung	Holzschwellen aus: Eiche	Buche	Kiefer (Föhre)	Lärche	Eiserne Schwellen	Länge m	Des Querschnittes: Form	Fläche in qcm	Tränkungsart mit: Kupfervitriol	Chlorzink	Quecksilbersublimat	Teeröl	Mittlere Schwellenteilung cm	Bemerkungen
1	1	2				3	4	5	6	7				8	
1	Amerika	Holz				—	2,44	a	300 415		1		1	50	
2	Belgische Staatsbahnen	1	1				2,60	d	324				1	75	
3	Dänische Staatsbahnen			1			2,60	b	246				1	79	
	Deutschland														
4	Bayerische Staatsbahnen	1	1	1		1	2,70	a	391	1	1	1	1	70	
5	Sächsische „ „			1			2,70	a u. e	391		1		1	75	
6	Württembergische Staatsbahnen		1	1		1	2,70	a	333		1		1	73	
7	Oldenburgische „ „			1			2,70	a	391				1	76	
8	Preußische „ „	1	1	1		1	2,70	a	391				1	60	
	Frankreich														
9	Orleansbahn	1	1	1			2,60	a, f, h	326				1	78	Daneben Schwellen-Imprägnierung
10	Ostbahn	1	1				2,60	b	346				1	78	
11	Paris—Lyon Mittelmeerbahn	1		1			2,60	b	315				1	72	
12	Staatsbahnen (früher Westbahnen)	1				1	2,60	b	330				1	81	
	Holland														
13	Holländische Eisenbahn-Gesellsch.	1			1		2,65	b	355				1	70	
14	Niederländische Staatsbahnen	1	1		1		2,65	a	355				1	70	
15	Italienische Staatsbahnen	1	1	1			2,60	b	336					75	
	Österreich-Ungarn														
16	Aussig-Teplitzer Eisenbahn	1	1	1			2,70	a	—	1			1	85	
17	Kaiser-Ferdinand Nordbahn	Holz					2,70	a	—				1	85	
18	Österreichische Nordwestbahn	1				1	2,50	a	—			getränkt		77	
19	K. K. österreich. Staatsbahnen	1		1	1		2,50	d	—			getränkt		80	
20	Österr. Südbahn	1	1	1	1		2,70	a	—	1				75	
21	Ungar. Staatsbahnen	1	1				2,70	b	—		ungetränkt			80	
22	Schwedische Staatsbahnen			1			2,70	e	320					71	
	Schweiz														
23	Gotthardbahn	1	1			1	2,70	a u. b	350					73	
24	Schweizerische Bundesbahnen	1	1	1		1	2,70	a	359					75	

bezüglichen Angaben der Berichterstattung des „8. internationalen Eisenbahnkongresses zu Bern vom Jahre 1910“ auszugsweise wiedergegeben sind. Sie gibt Antwort auf einen Teil der von diesen Verwaltungen erbetenen Auskünfte und zeigt, daß innerhalb der Baustoffe bei weitem die Holzschwelle überwiegt. Außer ihr kommt in nennenswertem Umfange nur noch die eiserne Trogschwelle in Gewichten von 58—72 kg in Betracht, während die Eisenbetonschwelle, für welche in den letzten Jahren eine lebhafte Bewegung ins Leben gerufen war, auf Haupt- und Nebenbahnen sich erheblichen Eingang nicht verschaffen konnte[1]). Unter den 30 Eisenbahnverwaltungen aus Deutschland, Österreich-Ungarn, Frankreich, Spanien, Italien, Schweden, Serbien und der Schweiz verwenden 22 ausschließlich Holz, 8 Holz und Eisen, keine einzige Eisen allein. Amerika berichtet, daß

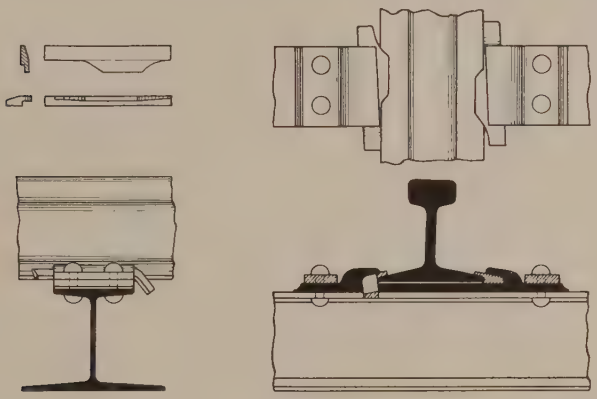


Abb. 176. Amerikanischer Oberbau auf eiserner Carnegieschwelle.

dort nur bei einer Verwaltung — der Bessemer und Lake Eriebahn — von Eisenschwellen, und zwar in der in Abb. 176 dargestellten, von der europäischen Trogschwelle abweichenden Form in ausgedehnterem Maße Gebrauch gemacht wird [2]), während in Großbritannien ausschließ-

[1]) Dagegen scheinen die Vorzüge des großen Gewichtes der Eisenbetonschwellen und deren Homogenität mit dem betonartigen Straßenkörper derselben innerhalb des großstädtischen Straßenbahnwesens noch eine Zukunft zu verbürgen, da andere Schwellenbaustoffe durch die Erschütterungen leicht ihres festen Zusammenhanges mit dem Straßenkörper beraubt werden, in den dieselben hineingebettet werden müssen.

[2]) Die genannte Bahn ist die Erzschleppbahn von Connaught am Eriesee nach Pittsburg. Die auf ihr verwendete Schwelle wiegt 82 kg. Auf dieser 227 km langen zweigleisigen Bahn sind seit 1904 1,5 Millionen derartiger Schwellen verwendet. Die Schwellenteilung ist eine außerordentlich enge, indem (nach einem Bericht des Professor Schimpff in Nr. 48 der „Ztg. d. V. D. E. V.“) 20 Schwellen auf 10 m Schienenlänge entfallen.

lich die Holzschwelle herrscht. Mannigfaltig sind — namentlich im Auslande — die Grundformen der Querschnittsbildung nach Abb. 177, auf welche in Sp. 5 der Tab. 1 bei den einzelnen Verwaltungen hingewiesen ist. Die Größe der Querschnittsfläche schwankt nach Sp. 6 zwischen 246 (Dänemark) und 391 qcm (bei den deutschen Staatsbahnen), während die Schwellenlänge zwischen 2,44 und 2,70 m liegt; das letztere Maß überwiegt auf dem europäischen Kontinent.

Was die Holzarten nach der Anzahl ihrer berichteten Verwendungsfälle betrifft, so war die Reihenfolge nach Sp. 2 die folgende: Eiche 19 mal, Buche 14 mal, Kiefer 13 mal und Lärche 6 mal. Diese Zahl der Anwendungsfälle einer Holzart gibt natürlich bei der außerordentlichen Unterschiedlichkeit der Größe und Bedeutung der in Sp. 1 aufgeführten Eisenbahn-Verwaltungen noch kein Bild vom Umfang ihrer Verwendung selbst. Die Angaben sind daher durch die Größenstellung der

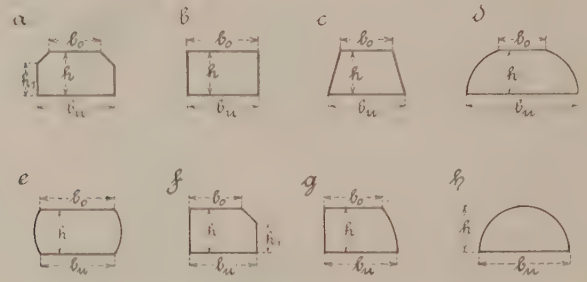


Abb. 177. Gebräuchliche Querschnittsformen der Holzschwelle.

einzelnen Eisenbahnländer und ihrer Verwaltungen nach Tabelle 2 ergänzt.

Zunächst betrug zu Ende des Jahres 1912 der Längenbestand aller in Betrieb befindlichen Haupt- und Nebenbahnlinien (jedoch unter Ausschluß der Gattung der Klein- und Straßenbahnen) 1,081 Millionen Kilometer; dieser Linienlänge aber entspricht infolge der Zwei- und Mehrgleisigkeit einer großen Zahl von Linien, (besonders in Europa und Nordamerika) unter Einbezug der Nebengleise der ausgedehnten Personen-, Güter- und Verschiebebahnhöfe, nach Sp. 8 der Tab. 2 etwa die 1,6 fache Gleislänge; man darf das Gleisnetz der Welt in der Gegenwart auf rund 1,86 Millionen Kilometer beziffern, einer Länge, welche 47 Erdäquatorialreifen oder der 4,9 fachen Entfernung des Mondes von der Erde gleichkommt. Von dieser Gleislänge entfallen auf die Kontinente Europas und Amerikas nach Sp. 8 rund 1,5 Millionen Kilometer (83 %), und nach Sp. 10, unter Zugrundelegung der mittleren Schwellenabstände, eine Bestandsziffer von reichlich 2,5 Milliarden Schwellen. Der in Sp. 3 der Tab. 1 angedeutete, auf Eisenunterschwellung entfallende Anteil darf auf etwa 0,2 Milliarden

Tabelle II.

Die Längenzunahme des Welt-Eisenbahnnetzes in Kilometern von 1880—1910.

Quelle: Archiv f. Eisenbahnwesen, herausgeg. im Preuß. Min. d. öffentl. Arb. Jahrg. 1914, Heft 3 f. Jahr 1911.

Lfd. Nr.	Länder	1880	1890	1900	1910	Zunahme %	1912 nachrichtlich	Gleislänge: 1,7 × Sp. 7 bzw. 1,4 × Sp. 7	Mittlere Schwellenteilg. nach Sp. 8 d. Tab. 1 in cm	Schwellenzahl in Millionen Stck.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Deutschland							Nr. 1—16 mit 1,7, übrige mit 1,4		
	Preußen	20 535	26 368	30 801	37 471	83	37 638			
	Bayern	4 481	4 765	6 747	8 137		8 329			
	Sachsen	2 071	2 310	2 853	3 151		3 174			
	Württemberg	1 528	1 625	1 721	2 128		2 183			
	Baden	1 417	1 410	1 957	2 236		2 360			
	Elsaß-Lothringen	1 311	1 551	1 821	2 121		2 096			
	Übrige Bundesstaat.	2 495	4 840	5 491	5 904		6 894			
	zusam. Deutschland	33 838	42 869	51 391	61 148	81	62 734			
2	Österreich-Ungarn	18 512	27 113	36 883	44 371	140	45 823			
3	Großbritann. u. Irland	28 854	32 297	35 861	37 579	30	37 678			
4	Frankreich	26 189	36 895	42 827	49 385	88	50 232			
5	Rußland, europäisches	23 857	30 957	48 460	59 559	137	62 198			
6	Italien	8 715	12 907	15 787	16 960	95	17 120			
7	Belgien	4 120	5 263	6 345	8 510	106	8 660			
8	Niederlande einschl. Luxemburg	2 300	3 060	3 209	3 706	61	3 719			
9	Schweiz	2 571	3 190	3 783	4 701	83	4 818			
10	Spanien und Portugal	8 631	12 027	15 733	17 903	107	18 333			
11	Skandinavien	8 544	11 566	16 374	20 601	141	21 135			
12	Türkei u. Balkanstaat.	2 792	5 615	7 790	9 315	234	9 758			
13	Malta, Jersey, Maa	60	110	110	110	83	111			
I.	zusammen Europa	168 983	223 869	283 878	333 848	98	342 624	582 000	70	829
14	Vereinigte Staaten von Amerika	150 717	268 409	311 094	388 173	159	402 887			
15	Kanada	11,087	22 712	29 729	39 792	260	43 004	800 000	55	1450
16	Mexiko	1 120	9 800	14 573	24 559	119	25 492			
17	Zentralamerika	1 772	3 338	4 209	7 993	352	9 204	116 000	65	187
18	Südamerika	9 952	27 158	42 566	64 793	550	73 534			
II.	zusammen Amerika	174 648	331 417	402 171	526 382	202	554 121	916 000	56	1637
								1 498 000	60	2466
III.	Asien	16 287	33 724	60 301	101 916	525	107 230			
IV.	Afrika	4 646	9 386	20 114	36 854	695	42 707	258 000	62	396
V.	Australien	7 847	18 889	24 014	31 014	295	34 803			
	Welteisenbahnnetz	373 411	617 285	790 478	1 030 014	169	1 081 188	1 756 000	61	2862

Stück [1]) geschätzt werden. Es liegen somit gegenwärtig in Europa und Amerika etwa 2,3 Milliarden hölzerne Schwellen in Eisenbahngleisen, und zwar vorwiegend kieferne, da Eiche und Buche einen geringeren Anteil an der Gesamtverwendung, besonders in der amerikanischen Union und in Kanada, haben. In Australien werden nur Holzschwellen verwendet, daher die Hauptverwendungsgebiete des Eisens in den beiden anderen Erdteilen Asien und Afrika zu suchen sind. Die Hälfte der kilometrischen Gesamtlänge aller asiatischen Eisenbahnen entfällt auf das, mit englischem Kapital gebaute ostindische Bahnnetz von etwa 53 000 km Länge, welches noch in großem Umfange neben australischen Harthölzern (Jarrah, Eucalyptus u. andere) auf eisernen glocken- und plattenartigen Einzelstürzen ruht [2]).

[1]) In Deutschland liegen zurzeit 33% der Betriebslänge (62 734 km), in Frankreich rund $\frac{1}{3}$ der Gesamtlänge von 50 232 km und in der Schweiz $\frac{2}{3}$ der Linienlänge von 4818 km auf Eisen. Das führt insgesamt zu einer Linienlänge von 30 000 und einer Gleislänge von 52 500 km, und bei einer Schwellenteilung von 70 cm auf etwa 75 Millionen Stück Eisenschwellen, die noch durch Probe- und Versuchsstrecken anderer Länder auf 100 Millionen erhöht werden mögen; in zentral- und südamerikanischen Bahnen dürfen höchstens weitere 120 Millionen Eisenschwellen angenommen werden, da den rund 83 000 km der vorwiegend eingleisigen Strecken nach Sp. 7 der Tab. 2 nur ein Gleisbestand des 1,4fachen Betrages entspricht. Bei einem mittleren Schwellenabstand von 62 cm führt das auf 187 Millionen Schwellen, von denen 100 Millionen als eisernes Material europäischer und amerikanischer Walzwerke angenommen werden.

[2]) Die gußeisernen Glockenstützen (Hohlkugelkalotten mit aufgegossenem Stuhl) haben außer in Indien, Ägypten und Südamerika (Argentinien) unter dem Einfluß des englischen Stuhlschienen-Oberbaues frühzeitig umfangreiche Anwendung gefunden. Die „Eisenbahntechnik der Gegenwart, II. Bd., 2. Auflage 1908" sagt dazu auf S. 319: „Diese Tatsache hat darin ihren Grund, daß in den heißen Landstrichen Unterstützungen aus den meisten Holzarten in der Regel durch Insekten und Witterungseinflüsse sehr schnell zerstört werden, außerdem fordert die meist sehr mangelhafte Bettung gebieterisch breite Auflagerflächen, die bei eisernen Einzelstützen leicht gewonnen werden können. Derartige Einzelstützen bieten allerdings bezüglich der festen Gleislage in Spur, Richtung und Höhe nicht dieselbe Sicherheit, wie ein gutes Querschwellengleis, sind aber den schwachen Betriebsbelastungen der meisten Bahnen in Tropenländern gewachsen. In Europa und Nordamerika dagegen treffen hohe Betriebsanforderungen mit einer verhältnismäßig langen Dauer preiswerter Holzschwellen zusammen und rechtfertigen deren Verwendung."

An anderer Stelle wird berichtet, daß, trotz mehrfach verbesserter Formen (plattenartiger Stützen) unter Übergang zu Stahlblechen die Überlegenheit der Querunterschwellung mehr und mehr zu einer Verdrängung dieser gußeisernen Einzelstützen in jenen Ländern geführt habe. Innerhalb der Querschwellen aber machen nach neueren Berichten der großen indischen Bahnverwaltungen die oben genannten Harthölzer, vor allem das australische Jarrahholz, der Eisenschwelle bereits schweren Wettbewerb. Aber auch weichere Holzarten jeder Gattung werden nach Berichten des „forest economist of India" durch eine Behandlung mit „Solignum", einem Teerol mit verschiedenartigen chemischen Zusätzen, gegen Ameisen aller Art geschützt. Während die Peninsulary (Bombay) nur Eisenschwellen verwendet, liegen die Gleise der „Bombay, Baroda and Central-India-ry" (Bombay), wie die der „North-Western ry" (Lahore) großenteils auf ungetränkten Hartholzschwellen, zum Teil aber auch auf nach dem „Powell-Verfahren" (Zuckerlösung mit Arsenikzusatz) getränkten weichen Holzarten amerikanischen und japanischen Ursprungs.

Die „East-India-ry" ist auf einer viergleisigen, von Kalkutta ausgehenden Strecke neuerdings von der Eisenschwelle, deren Unterhaltung in dem mittleren Bettungsmaterial viel Arbeit und Kosten verursachte, wieder zum „Holz" übergegangen. Auf Grund einer wertvollen statistischen Untersuchung „Über die Lebensdauer eiserner Schwellen" vom Chefingenieur der Pennsylvania-ry in der „railroad

Auf chinesischen Bahnen kommen dagegen fast nur Holzschwellen in Frage [1]).

Der Oberbau der in Tab. 3 nachgewiesenen Kolonialbahnen Afrikas liegt ganz vorwiegend auf Eisen [2]). Die Erklärung hierfür ist darin zu erblicken, daß in den tropischen und subtropischen Klimaten die Termiten der Holzverwendung, selbst den dort vorkommenden Harthölzern, nach den Darlegungen im I. Teil dieser Arbeit schädlich sind, und daß andererseits diese kolonialen Wirtschaftsgebiete wirtschaftlich und handelspolitisch von der Eisenexportindustrie ihrer europäischen und nordamerikanischen Mutterländer beherrscht werden.

Die südafrikanischen Staatsbahnen (lfd. Nr. 4 der Tab. 3) enthalten mit der in lfd. Nr. 1 enthaltenen 2400 km langen Nilbahn Kairo–Assuan—Khartum die Hauptbestandteile der größten Überlandbahn der Zukunft, der von England für den schwarzen Erdteil erstrebten Kap-Kairobahn, welche vielleicht noch einmal dazu berufen ist, über Suez uns den Landweg zu unserem ostafrikanischen Kolonialgebiet vorzubereiten. Während die ägyptischen Bahnen in südlicher Richtung nilaufwärts bis zum Albert gehen, läuft das englische Bahnnetz von Kapstadt an der Westgrenze der beiden südafrikanischen Republiken entlang durch das Land der Betschuana- und Matabele-Kaffern nach

age gazette vom 5. Juni 1908", in Verbindung mit neueren Berichten der indischen Bahnverwaltungen, darf als feststehend angenommen werden, daß vom gesamten indischen Gleisnetz mit 1,4 . 54 000 = 75 000 km mehr als die Hälfte bereits auf Holzschwellen liegt.

Daß in Argentinien durch „Art. 21 eines Gesetzes über die Erteilung von Eisenbahnkonzessionen vom Januar 1908" an Stelle der bis dahin fast ausschließlich verwendeten Stahlschwellen künftig nur noch Schwellen aus einheimischen Harthölzern verwendet werden dürfen, kann kaum Wunder nehmen, wenn man erwägt, daß dieses Land in seinen Urwalddistrikten, dem Chaco, noch über eine reiche Auswahl trefflicher Harthölzer (Quebracho) verfügt.

In bezug auf die Konservierung dieser Schwellenhölzer wird diese aufstrebende südamerikanische Eisenbahnrepublik von der amerikanischen Union lernen, die in den letzten Jahren große Schwellen-Tränkanstalten nach deutschem Vorbilde ins Leben gerufen hat.

[1]) So verwendet die 1300 km lange Peking-Hankowbahn nur Holzschwellen, welche neuerdings durch Vermittlung belgischer Anstalten getränkt werden. Die 1085 km lange chinesische Staatsbahn Tientsin-Pukow verwendet mit Teeröl getränkte japanische Eichenhölzer (Nara, Tamo), die Peking-Kalganbahn neben den letzteren Hölzern in großem Umfange amerikanische Oregon-Kieferschwellen. Die chinesische Staatsbahnverwaltung zu Shanghai bevorzugt auf ihrer südlicheren Hauptlinie Shanghai-Nanking-(Hankow) gegenüber Kiefer und japanischer Eiche, welche frühzeitig an Trockenfäule zugrunde gingen, durchaus das $2^1/_2$ bis 3 mal teurere australische Jarrah-Holz, das infolge seiner mehrfachen Liegedauer wirtschaftlicher sei. Aber auf dem chinesischen in starker Entwicklung begriffenen Bahnnetz scheint doch unter der Wirkung der von Peking (in Tientsin ist ein Schwellentränkanstalt) ausgehenden Erkenntnis, daß Weichhölzer nur in getränktem Zustande mit schweren Harthölzern wettbewerbsfähig erscheinen, mehr und mehr die Teerölträukung in Aufnahme zu kommen, die in den südlicheren, tropischeren Landstrichen auch die Schwelle vor dem Angriffe der Termiten schützt.

[2]) Das Gebiet von Algier, Tunis und Marokko macht hiervon streckenweise Ausnahmen, insofern man neuerdings mehrfach die Holzschwelle wieder verwendet. So wurde die im Jahre 1913 14 erbaute erste marokkanische Vollbahn von Larrasch nach Alkassar auf hölzernen, in Deutschland mit Teeröl getränkten Schwellen verlegt.

Tabelle III.

Länge der im Betrieb befindlichen Eisenbahnen Afrikas (Kolonien) von 1908—1912.

Lfd. Nr.	Kolonialgebiet	1908	1909	1910	1911	1912
1	Ägypten	5 638	5 638	5 913	5 913	5 913
2	Algier und Tunis	4 906	5 044	5 044	6 382	6 382
3	Belgische Congo-Kolonie	688	738	830	1 227	1 387
4	Südafrikanische Union					
	Kapkolonie	12 034	5 340	6 070	6 070	6 143
	Natal		1 759	1 759	1 759	1 759
	Zentralafrikanische Bahnen[1]		4 167	4 167	4 391	5 428
	Rhodesische Bahnen[2]		3 120	3 527	3 540	3 783
					15 760	17 113
5	England					
	Britisch-Ost- u. Zentralafrika	1 988	2 035	2 908	2 995	1 291
	Sierra Leone					418
	Goldküste					302
	Nigerien					922
	Mauritius					212
						3 145
6	Frankreich					
	Französ. Sudan	2 024	2 030	2 188	3 024	2 315
	Somaliküste (Abessinia)					310
	Madagaskar					381
	Réunion					127
						3 133
7	Italien und Portugal					
	Erythrea	1 246	1 246	1 727	1 731	155
	Ungola					1 024
	Mozambique					588
						1 767
8	Deutschland[3]					
	Deutsch-Ostafrika	2 078	464	718	1 065	1 199
	Deutsch-Südwest-Afrika		1 598	1 598	1 909	2 104
	Togo		195	298	323	324
	Kamerun		107	107	160	241
					3 457	3 868
	zusammen Afrika	30 602	33 481	36 854	40 489	42 707

[1]) Oranje-Freistaat mit Basutoland, Transvaal mit Swasiland.
[2]) Im Protektorat von Britisch-Betschuanaland, Matabele, Maschonaland oder Rhodesia.
[3]) Die deutsch-afrikanischen Besitzungen weisen im Südwestgebiet die 382 km lange staatliche Schmalspurbahn von Swakopmund nach Windhuk sowie die 366 km lange Südbahn Lüderitzbucht Keetmanshoop nebst Abzweig nach Kalkfontein (180 km) auf. Beide Bahnen sollten in Jahresfrist durch Einschaltung der 550 km langen Verbindung Windhuk - Keetmanshoop zu einer die Küstenorte Swakopmund und Lüderitzbucht verbindenden Gesamtlinie zusammengeschlossen sein. Die von Swakopmund nach Otavi führende 580 km lange Otavibahn war 1910 verstaatlicht. In Ostafrika ging die für die Erschliessung wichtige Bahnverbindung von Daressalam (gegenüber Zanzibar) über Mpapua, Tabora nach Ujidje am Tanganikasee ihrem Ausbau entgegen. Die in Betrieb befindliche Strecke bis Kilimatinde war über Tabora hinaus geführt, und mit 867 km die längste und wichtigste deutsche Kolonialbahn. Die 129 km lange Usambarabahn, vom nördlicheren Küstenpunkt Tanga aus durch das Usambaragebiet am Südabhange des Kilimandscharogebirges und das weite Gebiet der Massaistämme hindurch führend, welche anfänglich in nordwestlicher Richtung an den Viktoria-Nyanza heranführen sollte, ist auf 310 km Länge ausgebaut. Im Kamerungebiet ist die 160 km lange Nordbahn in Betrieb, die doppelt so lange Mittellandbahn im Bau. Im Togogebiet strahlen von d. Küstenstadt Lome drei Eisenbahnlinien von zusammen 323 km Länge aus. Die Gesamtlänge der vorgen. deutsch-afrik. Kolonialbahnen welche Ende 1912 nach d. Tab. 3868 km umfasste, dürfte zu Ausbruch des Krieges 4000 km überschritten gehabt haben.

der Hauptstadt Buluwayo des letzteren Gebietes. Seine Länge bis Elisabethville im Kongostaat beträgt zurzeit 3800 km; die Überbrückung des Zambesistromes ist erfolgt, und der Weiterbau der Rhodesiabahn nach Zentralafrika bis zum Tanganikasee im Vormarsch.

So schließen sich von Norden wie von Süden her die beiden Endpunkte der bestehenden Linien immer enger zusammen, um die Überlandbahn zu schaffen, welche den schwarzen Erdteil vom Kap der guten Hoffnung (35° südlicher Breite) in südnördlicher Richtung durchqueren und erschließen soll; diese Kap-Kairobahn, an deren Vollendung noch etwa 1400 km unter der Voraussetzung fehlen, daß auf dem oberen Nil und den großen Seen Dampferfahrten die Bahnpunkte zusammenfassen, würde die 9600 km lange Sibirische Bahn erheblich an Länge übertreffen.

Während auf dem ägyptischen Streckenteil noch die Gußeisenglocke vorherrscht, werden auf den unter lfd. Nr. 4 aufgenannten Staatsbahnen der „südafrikanischen Union" seit einer Reihe von Jahren Holzschwellen verwendet; die anfänglich eingebauten Eisenschwellen wurden zuerst durch ungetränkte australische Hölzer, später durch europäische getränkte Kiefernschwellen ersetzt.

Die deutschen Kolonialbahnen liegen fast ausschließlich auf Eisenschwellen, trotzdem Kamerun und Ostafrika über bedeutende Waldbestände verfügen. Herrscht in Kamerun Plänter-Urwald mit einer Blütenlese verschiedener Holzarten vor, der allerdings infolge der Fällungsschwierigkeiten hohe Gewinnungskosten verursacht, so liegen die Bedingungen für das Holz in Ostafrika günstiger. Die Waldfläche von „Ost" beträgt nach der Denkschrift des Reichs-Kolonialamtes von 1908/09 rund 240000 ha, davon 26000 ha auf immergrünen Gebirgswald, 14000 auf immergrünen Küstenwald, 68000 auf Höhen- und 51000 ha auf Niederungswald entfallen.

Von der, später vom Reich übernommenen Usambarabahn zweigt die Sigibahn ab, welche in erster Linie zur Erschließung jener Holzbestandsgebiete gebaut ist.

Da die Hölzer dieser Gebiete in ungetränktem Zustande ebensowenig wie die mehrerwähnten amerikanischen Kiefern und die japanischen Eichenhölzer zur Schwellenverwendung in den afrikanischen Tropen geeignet erscheinen (Termiten, Trocken-, Naßfäule), so wurden im Jahre 1904 eine größere Anzahl von Schwellen dortiger Holzarten in Deutschland nach verschiedenen Verfahren getränkt und dort zum Einbau gebracht. Dabei ist festgestellt, daß die Teerölträukung gegen Termiten schützt. Zum Vorteil der wirtschaftlichen Erschließung der Holzbestände, wie der Finanzen unserer Kolonien bleibt es später zu wünschen, daß sich die deutsche Kolonialverwaltung diese Erfahrungen zunutze macht und auf Grund der Versuchsergebnisse größere Strecken der auszubauenden Bahnen des Ostgebietes auf bodenständigen, teerölgetränkten Schwellen verlegen werde.

Für die übrigen belgischen, französischen und italienischen Kolonialbahnen der Tab. 3 sind mangels einer zuverlässigen Statistik die Unterschwellungen nicht zweifelsfrei zu bestimmen. Es soll daher hier die

Annahme gemacht werden, die 40 000 km Eisenbahnen des schwarzen Erdteils ruhen fast ganz auf Eisenunterlage.

Den 184 000 Streckenkilometern Asiens, Afrikas und Australiens mögen nach Sp. 7 der Tab. 2 bei vorherrschender Eingleisigkeit und dem Zurücktreten der Bahnhofsanlagen 250 000 km Gleise, und bei einer mittleren Schwellenteilung von 65 cm rot. 396 Millionen Schwellen entsprechen. Ohne sichere ziffernmäßige Belege hierfür erbringen zu können, soll ferner auf Grund der Vorangaben angenommen werden, daß von dieser Schwellenzahl etwa die Hälfte mit 200 Millionen Stück Eisenschwellen seien. Dieses Schwellenverteilungsbild weist auf die Beibehaltung des Holzschwellenoberbaues in der alten wie in neuen Welt hin, welche dagegen auf die Verwendung ihrer erzeugten Eisenschwellen in den überseeischen Erdteilen weiter bedacht sein müssen.

Aus dem Gegenwartsbestand von 2,3 Milliarden Holzschwellen, welche unter dem rollenden Rade des Weltverkehrs und seiner einzelstaatlichen Betriebe liegen, läßt sich nur ein einigermaßen zutreffendes Bild des Zukunftsbedarfes ableiten. 1. Für die jährliche Unterhaltung und Erneuerung dieses Bestandes, und 2. für künftige Eisenbahn-Neubaulinien. Bei dieser Schätzung des gegenwärtigen und künftigen Bedarfes an Schwellen beschränken wir uns auf das Verwendungsgebiet des deutschen Eisenbahnnetzes, für welches zuverlässiges Unterlagsmaterial vorliegt. Eine Abschätzung des gesamten Weltbedarfs, getrennt nach Erdteilen, nach Ländern oder gar nach Einzelverwaltungen, würde über den Rahmen dieses Aufsatzes hinausgehen, wegen des Mangels an vorliegendem Unterlagsmaterial auch mit zu großen Unsicherheiten behaftet sein.

III. Jahresbedarf Deutschlands und des Weltnetzes an hölzernem Schwellenmaterial.

Einer Feststellung des jährlichen Schwellenbedarfes der Eisenbahnnetze unseres Planeten stehen erhebliche Schwierigkeiten im Wege. Läßt der bisherige Jahreszuwachs an Neubaulinien einzelner Länder oder ganzer Erdteile aus Tab. 2 auch einen ungefähren Schluß auf deren neubaulichen Verbrauch an Holzschwellen zu, so bleibt der jährliche Unterhaltungsaufwand für Erneuerung, Ergänzung und Verbesserung (Verringerung der Schwellenteilung) desto ungewisser. Eine solche Ermittlung des gegenwärtigen Bedarfs an Eisenbahnschwellen soll zunächst auf die Eisenbahnen Deutschlands beschränkt bleiben. Nach Tab. 4 war im Jahrzehnt 1900—1910 der Bestand an Haupt- und Nebengleisen (Sp. 1 u. Sp. 4) von 48171 + 17659 = 65830 km auf 58480 + 24540 = 83020 km, also um reichlich 26% gewachsen. Nach Sp. 7 stieg die in diesen Gleisen befindliche Schwellenzahl von 79,7 auf 112,2 Millionen Stück, also um 40%; diese Steigerung über den Umfang der Gleislänge hinaus erklärt sich durch die, infolge der Verkehrssteigerung vorgenommene Verringerung des Schwellenabstandes, d. h. durch den anläßlich der Gleiserneuerung durch Gleisumbau (in zusammenhängender Strecke) bewirkten Einbau einer größeren Zahl von Schwellen

auf den Gleiskilometer. Sp. 2 zeigt, daß, während im Jahre 1900 noch 1232 Schwellen auf 1 km Gleislänge entfielen, diese Zahl im Jahre 1910 bereits im Mittel 1357 Stück betrug; nach der „Oberbauordnung der preußischen Staatsbahnen" vom Jahre 1912 ruht der Kilometer Oberbau der belasteten Durchgangsstrecken des Profils 15 bereits auf 1750 Holzschwellen (bzw. 1770 Eisenschwellen). Dieser engeren Schwellenteilung umgebauter Gleise folgt diejenige des ganzen Gleisbestandes natürlich erst in großem Zeitabstande, weil die weitere Schwellenteilung früherer Zeiten auf den Durchschnitt noch lange bestimmend einwirkt. Dieser Schwellenzahl des Gleisbestandes nach Sp. 7 stellt Sp. 8 die auf deren Erneuerung und Ergänzung in den beiden Jahren 1900 und 1910 entfallenen Unterhaltungsaufwände mit 4.35 und bzw. 4.84 Millionen neuer Holzschwellen gegenüber. Ihnen entsprach im Jahre 1900 im Mittel aller (staatlicher und privater) Gleise 5.43, im Jahre 1910 nur 4,33% des Bestandes.

Dieser verringerte Unterhaltungsaufwand erklärt sich durch verschiedene Umstände: Zunächst war der im Erneuerungsaufwand steckende Anteil für Schwellenvermehrung in früheren Jahren relativ größer als in der Gegenwart, die sich mehr und mehr der Grenze der engen Schwellenteilung nähert, welche aus praktischen Gründen der Unterstopfungsfähigkeit erreichbar erscheint. Sodann aber kommt die verlängerte Betriebsdauer der Schwelle selbst als Folge der Verbesserung des Oberbaues (Schwellentränkung, Befestigung, größere Unterlagsplatten) trotz der gesteigerten Betriebsansprüche in verringertem Ersatz zum Ausdruck [1]). Endlich hat der Ersatz der Holzschwelle durch die Eisenschwelle den in Sp. 9 ermittelten Prozentsatz künstlich herabgedrückt. Das zeigt das Beispiel Badens, in dem jährlich ein beträchtlicher Teil des Umbaues abgängiger hölzerner Unterschwellung durch Eisenschwellenoberbau ersetzt wird; dort steht dem geringeren Holzschwellenersatz ein desto größerer Prozentsatz an eisernem Ersatzmaterial gegenüber.

Immerhin darf der mittlere Prozentsatz der Erneuerung aller deutschen Gleise in der Gegenwart **zu mindestens 4% des gleichjährigen Gleisbestandes** angenommen werden. Für den 10jährigen Zeitraum 1900—1910 ergibt sich danach ein Schwellenzuwachs:

a) für Neubauzwecke: 0,90 (112,3—79,7) = 29,34 Mill.

b) für die Unterhaltung ein Gesamtaufwand von

$$10 \cdot \frac{4{,}35 + 4{,}84}{2} = 45{,}95 \text{ Mill., im ganzen von } 75{,}29 \text{ Mill. Schwellen}^{2}).$$

[1]) Hierbei bleibt zu beachten, daß die Erneuerungseinbauten (z. B. des Jahres 1910) dem Ersatz früherer (etwa 15—16 Jahre zurückliegender) Einbaujahrgänge dienten, und daher auf die niedrigen Gleisbestände früherer Perioden zu beziehen sind, während die Vermehrung der Gleise (durch Neubau oder durch Erwerb privater Linien) der nachfolgenden Jahre die Höhe des Erneuerungsaufwandes noch nicht beeinflußt. Die Prozentsätze übersteigen daher in Wirklichkeit die in Sp. 9 nachgewiesenen Zahlen beträchtlich, und ihnen kommt nach alledem nur die Bedeutung zu, daß sie einen gewissen Anhalt für die Größe des mittleren Unterhaltungsaufwandes als Funktion des gleichjährigen Gleisbestandes bilden, welcher auf etwa 4% bemessen werden darf.

[2]) Dieser Verbrauchsaufwand läßt als Funktion der größeren Gleislänge der Zukunft eine Steigerung erwarten, wenn der nach 1910 beobachtete Verdrän-

Ta-

Der Bestand an hölzernen Querschwellen in den Gleisen deutscher den Jahren 1900

Lfd. Nr.	Bundesstaat	Im Jahre 1900							Jährlicher Unterhaltungsaufwand in	
		durchgehende Gleise			Nebengleise			Gesamt-Schwellenbestand in Mill. Stück		
		Länge km	Schwellen auf 1 km	Schwellenbestand Mill. Stück	Länge km	Schwellen auf 1 km	Schwellenbestand Mill. Stück	Sp 3+6	Millionen Schwellen	% von Spalte 7
	der Reichs-Eisenb. Stat. Tab. 6	Sp. 3	27	26						
	Spalte	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Preußen	31 063	1 217	37,799	12 676	1,140	14,450	52.249	2,70	5,17
2	Bayern	5 030	1 311	6,597	1 420	1,220	1,720	8,317	0,57	6,85
3	Sachsen	3 432	1 288	4,421	1 699	1,208	2.045	6,466	0,39	6,02
4	Württemberg	1 008	1 282	1,293	378	1,200	0,454	1,747	0,12	6,85
5	Baden	292	1 218	0,347	88	1,140	0,100	0,447	0,02	4,48
6	Reichslande	1 849	1 242	2,297	731	1,164	0,085	2,297	0,21	8,72
7	Übrige Bundesstaaten									
	zus. Deutschland Staatsbahnen	44 433	1 235	54,859	16 567	1 158	19,150	74,009	4,10	5,33
	dazu Privatbahnen	3 738	1 195	4,467	1 092	1 120	1,221	5,688	0,25	4,40
	Gesamtsumme der vollspurigen Eisenbahnen	48 171	1 232	59,326	17 659	1 147	20,371	79,697	4,35	5,43

Dem entspricht ein mittlerer Jahresverbrauch von 7,5 Mill. Holzschwellen, und da dieser Verbrauchsziffer ein Gleisbestand von $\frac{48\,171 + 58\,480}{2}$ = 53 326 km zugrunde lag, so bedeutete das für Deutschland einen mittleren Verbrauch von $\frac{7\,500\,000}{53\,326}$ = 140 Holzschwellen pro Kilometer im Betrieb befindlichen Gleises.

Unter Anwendung dieser roh ermittelten Durchschnittsziffer auf das europäische Gleisnetz der Gegenwart nach Sp. 8 der Tab. 2 gelangt man für Europa zu einem Jahresbedarf von 582 000 . 140 = 81 500 000

gungsprozeß der Holzschwelle (im preußischen Eisenbahnnetz) eingeschränkt werden oder zum Stillstand kommen sollte.

Der Koffizient 0,90 für die Berechnung des Neubauaufwandes trägt dem Umstande Rechnung, daß der Schwellenzuwachs des Jahrzehntes 1900—1910 nach Tab. 4 etwa 10% Meliorationsmaterial aus der Verengerung der Schwellenteilung einschließt, welches im Unterhaltungsaufwand zu b) bereits verrechnet ist.

belle IV.

Eisenbahnnetze und deren jährliche Unterhaltungsaufwände in und 1910.

Im Jahre 1910							Jährlicher Unterhaltungsaufwand in		Erläuterungen
durchgehende Gleise			Nebengleise einschl. Weichengleise			Gesamt-Schwellenbestand in Mill. Stück			
Länge km	Schwellen auf 1 km	Schwellenbestand Mill. Stück	Länge km	Schwellen auf 1 km	Schwellenbestand Mill. Stück		Millionen Schwellen	% von Spalte 7	
3	27	26	4	*			9	3	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
37 400	1 365	51,025	16 600	1 280	21,200	72,225	3,16	4,37	Die Ziffern der Sp. 1 u. 4 sind abgeleitet aus deren in der Statistik gegebenen Summe u. dem Verhältnis aller durchgehenden zu allen Neben-Gleisen.
7 620	1 379	10,525	2 580	1 290	3,460	13,985	0,63	4,50	
3 800	1 297	4,943	2 140	1 216	2,600	7,543	0,30	3,98	
1 396	1 392	1,944	610	1 305	0,790	2,734	0,17	6,23	
77	1 337	0,103	48	1 250	0,060	0,163	0,04	2,46	
2 720	1 466	3.985	1 380	1 372	1,890	5,875	0,26	4,41	
55 300	1 363	75,369	24 400	1 280	31,200	106,569	4,69	4,30	Die Ziffern der Sp. 5* sind $^{15}/_{16}$ der Sp. 2; der Koeffizient hat sich aus den Oberbaubüchern als Verhältnis der Schwellenteilung v. Haupt- z. Nebengeleisen ergeben.
3 180	1 261	4,020	140	1 183	1,650	5,670	0,15	2,65	
58 480	1 357	79,388	24 540	1 340	32,850	112,239	4,84	4,33	

oder rund 82 Mill. Holzschwellen und zu einem um etwa 50% höheren Aufwand für die neue Welt.

Man darf hierbei nicht aus dem Auge verlieren, daß es sich schon bei der Ermittlung solcher Durchschnittsziffern für die Eisenbahnen Deutschlands um grobe mittlere Annäherungswerte handelte, deren Übertragung auf die Eisenbahnnetze Europas, und vollends auf die des amerikanischen Erdteils, den mannigfaltigsten Einwänden begegnen kann. Es fragt sich, ob die Gleisvermehrung im Tempo des letzten Jahrzehntes auch weiter fortschreiten werde, ob die gleiche mittlere betriebliche Beanspruchung, die der ganzen Rechnung zugrunde liegende mittlere Lebensdauer der Holzschwelle des deutschen Oberbaues und andere Faktoren auch für jene Gebiete zutreffend seien, ob die gleiche Beteiligung der Holzarten (Kiefer zu Hartholz) im Oberbau auch dort vorliege u. dgl. m. Das Ergebnis ist daher mit all den Vorbehalten aufzunehmen, die diese Fülle von Voraussetzungen dem Benutzer auferlegt.

IV. Der wirtschaftliche Vorteil der Schwellentränkung.

Nimmt das Eisenbahnnetz der Welt, welches nach der amtlichen Statistik des „Archiv f. d. Eisenbahnwesen" mit seinen Betriebsmittelbeschaffungen ein Kapital von rund 247 Milliarden Mark verkörpert, schon wegen der Größe dieses Anlagekapitals wirtschaftliches Allgemeininteresse in Anspruch, so ist es begreiflich, daß dem eigentlichen Betriebsorgane dieser Bahnanlagen, dem Gleisoberbau, zufolge der sich unaufhaltsam weiter steigernden Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der Schienenwege in allen Kulturländern weitgehendste Anteilnahme entgegengebracht wird.

Sie äußert sich:

Erstens in der Frage nach dem technisch-vollkommensten Oberbausystem, welches bei der Möglichkeit guter Überwachung und Unterhaltung die größte Gewähr für eine gute und sichere Führung der rollenden Betriebslasten und damit zu seinem Teil die höchste Gewähr gegen Betriebsunfälle darbietet.

Zweitens finanziell-wirtschaftlich in der Frage nach dem geringsten Kostenaufwande, der durch die Erfüllung dieser technischen Aufgaben verursacht wird.

Beide Rücksichten vereinen sich in der gemeinsamen Fragestellung nach dem relativ besten Oberbau, dem bei gleichem Kostenaufwande für die einzelne Gleisgattung der Vorzug zu geben sei, oder bei dem die höheren Kostenaufwände durch andere technische Vorzüge wirtschaftlich gerechtfertigt erscheinen.

In einer Wirtschaftlichkeits-Untersuchung zweier Schwellengattungen spielt neben den Beschaffungskosten (unter Berücksichtigung des später eintretenden Altmaterial-Erlöses) und den betrieblichen Unterhaltungskosten die mittlere Liegedauer der Schwellengattung die ausschlaggebende Rolle, weil sie geradezu den Maßstab für deren technische Bewertung bildet.

In der Liegedauer kommt die betriebstechnische Güte einer Schwelle zu numerischem Ausdruck, da ein Unterschreiten der Anforderungen, welche an die Beschaffenheit des Oberbaues im Sicherheitsinteresse zu stellen sind, Beschädigungen, Verletzungen oder Altersschwäche, zu seiner Beseitigung führen müssen.

Die Liegedauer behaftet selbsttätig und gewissenhaft die technischen Vorzüge und Nachteile einer Schwellenart mit den Einzelgewichten, welche derselben innerhalb eines technischen und wirtschaftlichen Gesamtvergleiches zukommen, sie bildet gewissermaßen den Generalnenner für die nicht unmittelbar vergleichbaren angeblichen oder wirklichen technischen Vorzüge und Nachteile einer Schwellenart.

Die erhöhten Neubeschaffungskosten getränkter Holzschwellen müssen daher in einer Verlängerung der betrieblichen Liegedauer dieses Schwellenmaterials ihren Gegenwert finden.

1. Die Erhöhung der Lebensdauer der Holzschwellen durch die Tränkung.

Die an der Kürzung der Lebensdauer einer Eisenbahnschwelle tätigen atmosphärischen und betrieblichen Einwirkungen sind je nach dem Klima, den Anlageverhältnissen der Bahn, ihren Neigungs- und Krümmungsverhältnissen, vor allem aber nach den Verkehrsverhältnissen, der Zugzahl, den Zuggeschwindigkeiten und Belastungen sehr verschieden. Ebenso sind die auf Lebensverlängerung hinauslaufenden künstlichen Maßregeln von verschiedener Wirkung: bei der Holzschwelle die vervollkommneten Tränkungsverfahren und die Verdübelung, bei der Eisenschwelle (bei gleich bleibendem Eisengewicht) deren verbesserte Querschnittsgestaltung, bei beiden die Schwellenlänge und die Anordnungen, welche auf eine vorteilhaftere Verbindung der einzelnen Oberbauelemente, der Schiene, der Schwelle und des Kleineisenzeuges zum Oberbauganzen hinwirken.

Geht schon aus der Fülle der einzelnen lebensfreundlichen und lebensfeindlichen Faktoren hervor, daß den Einzelwesen einer und derselben Schwellengattung verschiedenartige Lebensdauern zukommen müssen, so wird diese Stufenleiter der Einzeldauern wesentlich durch die innere „Konstitution", durch die verschiedenartige Beschaffenheit der Grundstoffe der hölzernen (Standort, Fällungszeit, Behandlung des Holzes), wie der eisernen Schwelle (Beschaffenheit und Gefüge des Eisenmaterials, Walzfehler usw.) erweitert.

Man hat daher die verschiedenen Lebensdauern der Einzelschwellen wohl von der mittleren Lebensdauer der Gattung zu unterscheiden, welch letztere für vergleichende Wirtschaftsrechnungen allein in Frage kommt.

Auf eine Verwechslung dieser beiden Begriffe läuft es zumeist hinaus, wenn in der Fachliteratur von ungewöhnlich großen Lebensdauern einer Schwellenart schlechthin gesprochen wird. Der Berichterstatter setzt dann die beobachtete höchste Lebensdauer einer beschränkten Anzahl von Einzelschwellen an die Stelle der durchschnittlichen Lebensdauer der ganzen Einbaugruppe und begeht damit etwa die Verwechslung, als ob die Lebensdauer eines hochbetagten menschlichen Einzelwesens mit der durchschnittlichen Lebensdauer der Bevölkerung gleichbedeutend sei.

Das Handbuch der Ingenieurwissenschaften Teil V, Bd. 2 — Leipzig 1906 — schreibt auf S. 337 zu der tatsächlichen Verwendungsdauer der Holzschwellen:

„Eine verläßliche Antwort hierauf vermöchte allerdings nur eine, alle (vorgenannten) Umstände sorgfältig berücksichtigende, auf einheitlicher Grundlage groß angelegte Statistik der Schwellenabnutzung und Schwellendauer zu geben. An einer solchen fehlt es jedoch noch immer, trotz der zahlreichen, umfangreichen und mühevollen Aufschreibungen, welche von den Bahnverwaltungen seit mehreren Jahrzehnten ausgeführt werden. Zwar ist bei der Mannigfaltigkeit der Einflüsse eine so vollkommene Ausbildung der Schwellenstatistik kaum zu erwarten.

Aber da in den meisten der bisherigen Aufschreibungen auch so wesentliche Umstände, wie Herkunft des Holzes, Art der Bettung, Gleisanordnung und Verkehrsverhältnisse nicht erkenntlich sind, so sind die Ergebnisse dieser Aufschreibungen nur als große Durchschnittswerte zu betrachten für die beiläufige Beurteilung der Schwellendauer, des Wertes der Schwellentränkung und der verschiedenen Tränkungsverfahren. Hierdurch werden auch die weiten Grenzen erklärbar, in welchen diese Angaben schwanken."

Nach neueren statistischen Ergebnissen, welche auf den internationalen Eisenbahnkongressen zum Austausch gelangt sind, schwanken die Angaben über die mittlere Dauer der Holzschwellen etwa in folgenden Grenzen:

Holzart	Mittlere Dauer in Jahren		
	nicht getränkt	getränkt	
		nach anderen Verfahren	mit karbolsäurehaltigem Teeröl
Eiche	12—15	15—20	25 Jahre
Lärche	8—10	15—20	20 „
Kiefer	6— 8	10—15	
Buche	2½— 3	10—16	30 „

In Abb. 178 ist eine Anzahl von Lebensdauerkurven, links ungetränkter, rechts getränkter Holzschwellen nach den wertvollen Erhebungen Funks[1]) wiedergegeben.

Diese Schaulinien, deren Schwerpunktkreise die Ordinaten der mittleren Lebensdauer begrenzen, geben mit einigen beachtenswerten Abweichungen im großen und ganzen ein Abbild der menschlichen Lebensdauerkurven. Dieselben nähern sich, in Unterscheidung von jenen, stärker der geraden Linie, bei welcher der Schwerpunkt bekanntlich in der Mitte liegt, der Abgang der getränkten Schwelle beginnt erst in höherem Lebensalter; die Jugendsterblichkeit wird hier erheblich verringert. Gegen die reine Säuglingssterblichkeit infolge unmittelbarer Konstitutionsfehler des Einzelexemplares schützen sich zudem die Verwaltungen bekanntlich durch gewisse mehrjährige Garantiepflichten bei der Schwellenlieferung. Und endlich, was von Bedeutung, die Nei-

[1]) Die „Dauer der Hölzer, insbesondere die Dauer der Eisenbahnschwellen" von Geh. Regierungsrat Funk im „Organ f. d. Fortschritte des Eisenbahnwesens 1880."

Die Schwerpunktsermittlung erfolgt nach den bekannten Regeln der Mechanik durch Aufstellung der statischen Momente, indem die einzelnen Staffelteile, durch welche der krumme Linienzug ersetzt zu denken ist, mit ihren Abständen von den beiderseitigen Achsen multipliziert und die Summe dieser Produkte durch die Summe der horizontalen Einzelstaffeln, das ist die beobachtete Schwellenzahl, geteilt werden.

gungen der Schaulinien sind beträchtlich steiler, als die Absterbekurven des menschlichen Geschlechtes, trotzdem zur Erhöhung der Deutlichkeit bereits ein großer Zeitmaßstab gewählt ist. Die steilere Neigung aber bekundet neben der kürzeren Lebensdauer, daß die Abweichung des Mittelwertes von den Höchstwerten der Lebensdauer bei der Schwelle beträchtlich geringer ist als bei der Menschgattung. Der Zweck dieser Darstellung ist der Nachweis, daß einmal die mittlere Lebensdauer der getränkten Holzschwelle, als Folge der lebensverlängernden Wirkung der Tränkverfahren überhaupt beträchtlich gestiegen und mit ihrem Schwerpunkt den höchsten Lebensdauerordinaten des linksseitigen Teiles der Darstellung näher gerückt [1]) ist.

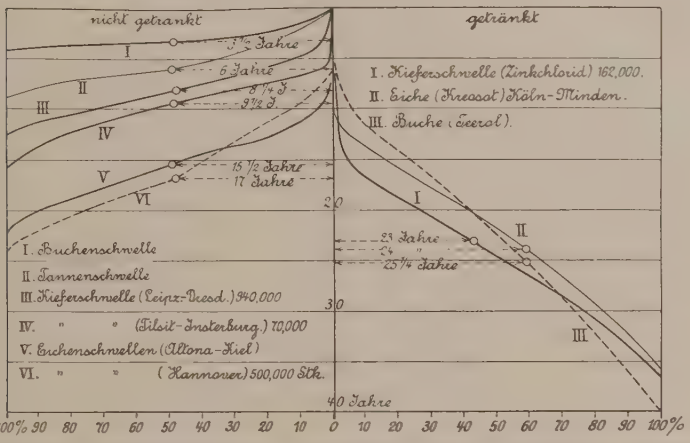


Abb. 178. Die Lebensdauerkurven ungetränkter (links) und getränkter (rechts) Holzschwellen nach Ermittlung von Funk.

Auf Grund der mittleren Liegezeiten dieser Versuchsreihen kommt ihr Beobachter, der Geheime Regierungsrat Funk der damaligen Eisenbahndirektion Köln, bereits in seiner genannten Veröffentlichung zu der Erkenntnis von der hohen wirtschaftlichen Bedeutung der Schwellentränkung überhaupt, welche er den deutschen Eisenbahnverwaltungen, sozusagen als teuerstes Vermächtnis seiner langjährigen gründlichen Beschäftigung mit diesem Gegenstand, für alle Zukunft ans Herz legt.

Bei der Beurteilung dieser Ergebnisse bleibt nur zu bemerken, daß die auf etwa 25 Jahre ausgedehnten Funkschen Beobachtungsreihen bis zum Jahre 1880 und bis zu den Schwerpunktslagen der rechtsseitigen Hälfte der Darstellung reichten, daß die weitere Ergänzung

[1]) In der rechtsseitigen Hälfte der Abbildung sind die Schaulinien Funks, da deren Beobachtungsdauer zur Zeit seiner Veröffentlichung nur bis zu deren Schwerpunktslage reichten, über dieselbe hinaus nach dem mehr- oder minder geradlinigen Verlauf ergänzt worden.

der drei rechtsseitigen Linienzüge auf Grund ihrer ersten Verlaufshälfte die Möglichkeit einer etwas geringeren Schwerpunktsentfernung nicht ausschließt, daß ferner unter der viel geringeren betrieblichen Streckenbelastung während der Versuchsperioden sich naturgemäß höhere mittlere Liegedauern ergeben mußten [1]), als in den nachfolgenden 30 Jahren. Dagegen ist zu beachten, daß die letzte eigentliche Periode der Vervollkommnung der Schwellentränkung nach Stoff wie nach Verfahren, über die vorstehend berichtet wurde, in ihrer lebensverlängernden Wirkung hier nicht zum Ausdruck gebracht werden konnte; dies gilt besonders von Linienzug III, der teerölgetränkten Buchenschwelle, zu deren Bewährung ein neuerer Oberbaufachmann, der Geheime Baurat Schneidt [2]) interessante Aufschlüsse auf Grund amtlicher Beobachtungen gibt.

Die Verwaltung der Reichseisenbahnen, welche über eine besonders umfangreiche und langjährige Erfahrung mit Teeröl getränkter Buchenschwellen verfügt, deckte nach Schneidt in den letzten Jahren 50—70% ihres Gesamtbedarfes durch teerölgetränkte Buchenschwellen, ein offensichtlicher Beweis von der Überzeugtheit der Bewährung dieser Tränkungsart gerade bei der Buchenschwelle, die nach Linienzug I der linksseitigen Darstellungshälfte im ungetränkten Zustande eine sehr geringe mittlere Lebensdauer von nur $3^1/_2$ Jahren aufwies, und bei der die ursprünglichen Zinkchloridtränkungen keine befriedigenden Resultate gegeben haben sollen. Schneidt sagt dazu in seiner Abhandlung: „Die Chlorzinkschwellen sollen bald zu faulen angefangen haben, und schon nach 8—10 Jahren, oft noch früher, sämtlich aus den Gleisen genommen worden sein. Die mit Mischung getränkten Hölzer hielten sich im allgemeinen besser. So lagen im Direktionsbezirk Köln auf der Strecke Morsbach—Kohlscheid von den im Jahre 1890 verlegten 5600 Stück buchenen Schwellen nach 14 Jahren, im Jahre 1905, noch 72%, von den in der gleichen Zeit auf der Linie Alsdorf-Herzogenrath verlegten 6700 buchenen Schwellen noch 62% im Gleise. Auf der Gebirgsstrecke Erndtebrück—Feudingen lagen von den im Jahre 1888 eingelegten 18 000 buchenen Schwellen nach 17 Jahren noch über die Hälfte im Gleise". Und an anderer Stelle:

„Bei der französischen Ostbahn, die nur eichene und buchene Schwellen verwendet, wurden nach wie vor die besten Erfahrungen mit der Verwendung buchener Schwellen gemacht. Nach einer im Jahre 1898 in der „Revue générale des chemins de fer" veröffentlichten Statistik, die sich auf eine große Menge Schwellen bezog, sind innerhalb 24 Jahren von den in den Hauptgleisen verlegten buchenen Schwellen nur 12% wegen Fäulnis aus dem Gleise genommen worden, so daß nach 24 Jahren

[1]) Dies gilt wohl besonders für Linienzug I, die Zinkchloridtränkung der Kiefernschwelle, deren mittlere Liegedauer von 23 Jahren durch nachfolgende Beobachtungen, besonders in Bayern, sich in größerem Umfange nicht bestätigt haben sollen.

[2]) „Die Beschaffung und Verwendung buchener Eisenbahnschwellen", Vortrag gehalten im Verein f. Eisenbahnkunde zu Berlin am 11. Januar 1910 vom Geh. Baurat a. D. Schneidt, Berlin, F. C. Glaser 1910."

von den buchenen Schwellen noch 88% im Gleise lagen. Wenn diese Verwaltung deshalb die durchschnittliche Dauer gut mit Teeröl getränkter buchener Schwellen mit über 30 Jahre annimmt, so ist dies durchaus gerechtfertigt."

Die Festigkeit des Holzes ist eine so große, daß bei buchenen Schwellen, sofern sie durch Schwellenschrauben dauernd fest mit Schiene und Unterlagsplatte verbunden sind, was bei Hakennägeln ausgeschlossen ist, auch nach 15 und mehr Jahren kaum ein Eindrücken in das Holz am Auflager der Schienen oder Platten wahrzunehmen ist. In keinem Holz sitzen die Schwellenschrauben so fest wie in der buchenen Schwelle. Von der Eisenbahndirektion in Essen ausgeführte Versuche haben ergeben, daß zum Herausziehen der von einem Arbeiter eingedrehten Schwellenschrauben aus den vorschriftsmäßig vorgebohrten Schwellen nachverzeichnete Kräfte erforderlich waren:

Holzart	Schwellenschraube mit 15 mm Kerndurchmesser und 120 mm Schaftlänge	Schwellenschraube mit 16½ mm Kerndurchmesser und 160 mm Schaftlänge
Eichene Schwelle . . .	4900 kg	6000 kg
Buchene Schwelle . . .	5600 „	7300 „
Kieferne Schwelle . . .	2700 „	3200 „

Also bei buchenen Schwellen noch ein erheblich festeres Sitzen der Schwellenschrauben als bei eichenen Schwellen!

Schneidt, auf dessen langjährige fachmännische Autorität auf dem Gebiet des Holzschwellenoberbaues wir bei diesem Gegenstand wiederholt zurückgreifen, bringt in Vorschlag, die Staatseisenbahnverwaltungen möchten nach der umfangreicheren neuerlichen Verwendung „teerölgetränkter Buchenschwellen" I. Klasse noch ein weiteres Entgegenkommen zeigen in der Weise, daß das Stärkemaß von 16 cm allgemein um 1 cm, auf 15 cm, ermäßigt werde. Er führt zur Begründung wieder an, daß das Buchenholz so fest sei, daß sich die Schwelle auch nach vielen Jahren an den Schienenauflagern — Schwellenschrauben als Befestigungsmittel vorausgesetzt — fast gar nicht abnütze, und daß er eine große Menge Schwellen gesehen habe, die nach 16—18jähriger Liegezeit in sehr stark befahrenen Hauptgleisen an der Schienenauflagestelle fast keinen Eindruck der Platte bemerken ließen, und bei denen die Auflagefläche noch so unversehrt wie im Anfang gewesen sei.

Die buchenen Schwellen der elsässischen Strecke Sennheim—Sentheim, auf denen die Schienen ohne Unterlagsplatten direkt auf die Schwellen gelegt wurden, haben nach 28 Jahren meist keine oder nur ganz geringe Abnützung gezeigt. Von den von der Firma Rütgers im Jahre 1897 gelieferten Schwellen liege ein großer Teil auf den sehr stark

befahrenen Vorortgleisen um Berlin; bei Untersuchung der Schwellen zwischen Köpenick und Hirschgarten, die zwölf Jahre im Geleise lagen, sei von einem Einarbeiten der Unterlagsplatte in die Schwelle auch nichts zu bemerken gewesen. So sehr bei dem weicheren Kiefernholz eine Stärke von 0,16 m erforderlich ist, so müßte auch bei der harten Buchenschwelle eine Höchststärke von 0,15 m voll genügen.

Die nachfolgende, auf der sächsischen Liegedauerstatistik[1]) aufgebaute Darstellung nach Abb. 179 wird zeigen, daß die mittlere Lebensdauer der teerölgetränkten Kiefernschwelle mit 15 Jahren zu niedrig erscheint, daß vielmehr der auf S. 346 gegebene tabellarische Schätzungswert von 20 Jahren der Wahrheit näher kommt. Die den Liegedauerkurven eingefügten Maßhaken der mittleren Liegedauer reichen in der Darstellung vom Einbaujahr bis zu dem Jahre, in welchem die Auswechslung 50% des Einbaues erreicht hatte. Die diesen Maßhaken eingeschriebenen Ziffern der mittleren Liegedauer zeigen in ihrem Wachstum von 15,5 auf 18,5 Jahre die lebensverlängernde Wirkung des im Jahre 1896 erstmals vorgenommenen Zusatzes von Teeröl zum damaligen Tränkungsmittel der Zinkchloridlauge. Wenn man nun die berechtigte Annahme macht, der gesteigerten betrieblichen Beanspruchung der Schwellen sei durch sonstige Verbesserungen des Oberbaues (engere Schwellenteilung, größere Unterlageplatten, bessere Befestigungsmittel) begegnet, so läßt die Darstellung einen sicheren Schluß zu auf die weitere Erhöhung der mittleren Lebensdauer unter der Wirkung der späteren „reinen Teeröltränkung", die in den Liegedauerkurven noch nicht zur Darstellung kommen konnte, weil diese Schwellen noch unverändert im Gleise liegen. Man sieht, daß schon unter der Wirkung dieser Tränkungsmittel überhaupt ein nennenswerter Abgang vor 9—10 Jahren nicht einzutreten pflegt und darf folgern, daß diese Vorperiode vom Einbaujahre bis zum Beginn nennenswerteren Abganges unter der Teeröltränkung eine weitere Verlängerung (unter Versteilerung des Verlaufes der Abgangskurve) erfahren habe. Diese graphische Darstellung erhärtet also, daß eine der teerölgetränkten Kiefernschwelle der Gegenwart zugesprochene mittlere Betriebsdauer von 20 Jahren nicht unbegründet ist.

2. Bewährung und Kosten der Schwellentränkung nach den Erfahrungen der Eisenbahn-Verwaltungen.

a) Europäische Verwaltungen.

In welchem Umfange nach dem Urteil der größten europäischen Eisenbahnverwaltungen die Kosten der Schwellentränkung durch die technische Verbesserung der Holzschwelle überragt wird, welche in der Lebensverlängerung derselben zum Ausdruck kommt, das lehrt der

[1]) Das Darstellungsmaterial ist entnommen den „statistischen Berichten über den Betrieb der unter der Königlich sächsischen Staatsverwaltung stehenden Staats- und Privatbahnen". Der Deutlichkeit halber sind nur die Liegedauerkurven der Einbaujahrgänge graphisch dargestellt, welche auf der Zeitachse mit einem Kreis versehen sind.

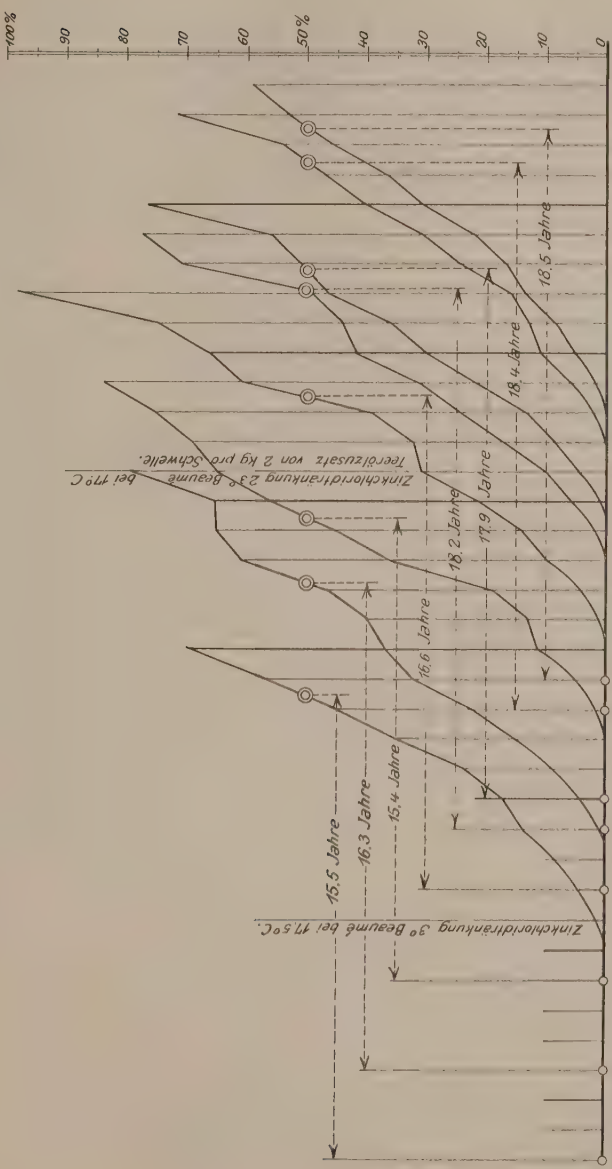


Abb. 179. Das Wachstum der Liegedauern der Kiefernschwellen der sächsischen Staatsbahnen infolge verbesserter Tränkungsverfahren.

14. Ergänzungsband des „Organ f. d. Fortschritte des Eisenbahnwesens". Im Vorwort dieses vom „Verein deutscher Eisenbahn-Verwaltungen (V. D. E. V.)" herausgegebenen Bandes, welcher „Die Fortschritte der Technik des deutschen Eisenbahnwesens in den letzten Jahren" behandelt, wird zur Schwellentränkung gesagt, die Bahnverwaltungen haben sich dahin geäußert, daß die Tränkung sämtlicher Holzschwellen wünschenswert sei, daß die Tränkung mit Teeröl alle übrigen Tränkungsverfahren verdrängt habe."

Die von 29 Verwaltungen auf eine Summe von Einzelfragen hin erstatteten Berichte werden in einer „Schlußfolgerung" des Gesamtberichtes, wie folgt, zusammengefaßt:

I. Die Tränkung der Bahnschwellen mit Teeröl hat fast alle früher üblichen Tränkungsverfahren verdrängt. Hierbei werden hauptsächlich die Sparverfahren nach Rüping, und zwar das einfache Rüping-Verfahren für Eichen- und Kiefernholz, das doppelte Rüping-Verfahren für Buchenholz angewendet.

Daneben kommt in nennenswertem Umfange (auf den k. k. österr. Staatsbahnen und der Südbahn) noch das Doppelverfahren mit Chlorzinklauge und Teeröl in Anwendung.

II. Es herrscht das Bestreben, sämtliche Schwellen zu tränken und, neben Kiefer und Buche, die allgemein getränkt werden, auch das Splintholz der Eichen- und Lärchenschwellen durch Tränkung zu schützen.

III. Über die in dem Bericht beschriebenen neueren Tränkungsverfahren[1]) liegen wegen der Kürze ihrer Erprobungsdauer endgültige Liegedauerangaben noch nicht vor, doch verspricht man sich eine weitgehende Verlängerung derselben.

IV. Die gestiegenen Beschaffungskosten der Rohschwelle lassen das Teeröl als kostspielige, aber auch wirksamste Tränkflüssigkeit wirtschaftlich erscheinen; daher findet in den billigsten Bezugsgebieten der Rohschwelle dieses teure Verfahren noch die relativ geringste Verbreitung.

V. Für Buchenschwellen wird vorwiegend die Teeröl-Volltränkung und das Doppel-Rüpingverfahren wegen der möglichsten Durchtränkung des Holzes angewendet. (Die Stämme sind von November bis März zu fällen, die Schwellen bis Ende Juli anzuliefern, und nach erfolgter Lufttrocknung ehestens zu tränken.)

[1]) 1. Tränkung mit Zinkchloridlauge (Lübeck-Büchen; Holländ. Eisenb.).
2. Tränkung mit einer Mischung von Zinkchloridlauge und Teeröl (Sachsen, Aussig-Teplitz).
3. Kyanisierung (Baden).
4. Doppeltränkung mit Chlorzinklauge und nachfolgend mit Steinkohlenteeröl (k. k. österr. Eisenbahnministerium, Südbahn).
5. Tränkung mit Teeröl allein (k. k. österr. Eisenbahnministerium).
6. Teeröl-Volltränkung der bayerischen Staatseisenbahnen.
7. Teeröl-Sparverfahren der bayer. Staatseisenbahnen.
8. Teeröltränkung nach dem einfachen Rüping-Verfahren (Kiefer, Eiche).
9. Teeröltränkung nach dem doppelten Rüping-Verfahren (Buche).
10. Tränkungsverfahren von Ungarn.

VI. Bei den neueren Teerölträukungsverfahren sind schädliche Einflüsse auf die Befestigungsmittel nicht festgestellt worden, über welche Tränkungen mit Metallsalzlösungen (Zinkchlorid) seitens des Eisenbahn-Zentralamts und österreichischer Verwaltungen berichtet war.

Seitens des preußischen Eisenbahn-Zentralamtes, welches gleichzeitig für die Direktion Magdeburg berichtet, wird die voraussichtliche Dauer der teerölgetränkten Schwellen in Hauptgleisen geschätzt:

bei Kiefern auf 15—17 Jahre,
bei Eichen auf 15—20 Jahre und
bei Buchen auf 18—25 Jahre.

Das Urteil der Direktion Posen, welches sich ebenso sehr durch drastische Kürze, wie durch Zutreffendheit auszeichnet, lautet: „Die Liegedauer der Schwellen wird durch die Tränkung mindestens verdoppelt."

Sachsen, welches bis 1895 mit Zinkchlorid tränkte, berichtet, daß nach Einführung des Teerölzusatzes die jährliche Auswechslungsziffer von 5,4 auf 4,3 %, entsprechend einer Verlängerung der Liegezeit um 4,6 Jahre sank.

Nach den Erfahrungen des österr. Eisenbahnministeriums wird durch die Tränkung nach dem gemischten Verfahren die Lebensdauer der Weichholzschwellen von 5 auf 12, die der Eichen- und Lärchenschwellen von 8 auf 16 Jahre erhöht, während die Doppelteerölträukung noch günstigere Ergebnisse erwarten lasse.

Die ungarischen Verwaltungen sind von der Zinkchloridtränkung der Buchenschwellen, welche die Befestigungsmittel angriff, zur Teerölträukung übergegangen, der bereits die Hälfte aller Schwellen unterworfen wird.

Die Reichsbahnen beziffern die Voll-Tränkungskosten

I. für Kiefernholz bei einem Preise der Rohschwelle von 3,37 Mk. auf 1,02 Mk. (bei 7 kg Teerölaufnahme).
II. für Buchenholz bei einem Preise der Rohschwelle von 3,84 Mk. auf 2,70 Mk. (bei 36 kg Teerölaufnahme).
III. für Eichenholz bei einem Preise der Rohschwelle von 6,03 Mk. auf 1,18 Mk. (bei 8 kg Teerölaufnahme),

während nach dem Rüpingverfahren die Tränkungskosten dieser drei Schwellengattungen bei 7, 16, 5 kg Teerölaufnahme sich auf 1,15 bzw. 2,04 und 1,16 Mk. beliefen.

In Württemberg betrug der Preis der kiefernen Rohschwelle (2,70 / 16/26 cm) von 0.11 cbm Inhalt 4, Mk., die Tränkungskosten im staatlichen Eigenbetrieb 0,76 Mk.; bei der Buchenschwelle 4,18 Mk. und resp. 1,56 Mk.

Wir wenden uns über das Gebiet des „Vereins deutscher Eisenbahn-Verwaltungen" hinaus einigen anderen europäischen Eisenbahnländern zu, um einen Einblick in die verwendeten Holzgattungen der Unterschwellung zu gewinnen.

In Frankreich überwiegt durchaus die Hartholzschwelle[1]), weil in französischen Wäldern Eichen und Buchen in vortrefflicher Güte sich vorfinden. Die weiche Schwelle herrscht auf den Linien der Südbahn in Gestalt der harzreichen Seestrandkiefer, der „Pin des Landes" vor, die übrigen Gesellschaften bevorzugen die Laubholzschwelle. Es betrug der Jahresbedarf an Schwellen im Jahre 1908 bei: 1, der Ostbahn 367 000 Eiche und Buche (2 : 1); 2. der Nordbahn: 390 000 Eiche und Buche (1 : 2); 3. der Westbahn: 400 000 Eiche und Buche: (1 : 2); 4. der Orleansbahn: 700 000 Eiche, Buche, Kiefer (4 : 1 : 2); 5. der Südbahn: Eiche und Kiefer 330 000 (1 : 4); 6. der P.L.M.-Bahn: Eiche und Buche etwa 400 000, im ganzen: 2 186 000 Schwellen, von denen 963 000 Eiche, 754 000 Buche, 469 000 Kiefer waren.

Demgegenüber betrug der Jahresverbrauch der preußischen Eisenbahnverwaltung im gleichen Jahre 2,97 Millionen Holzschwellen, von denen 78,5% Nadelholz, der Rest vorwiegend Buchenschwellen umfaßte. Auf allen deutschen Bahnen wurden 4,80 Millionen Holzschwellen zur Unterhaltung beschafft, bestehend aus 3,67 Millionen Nadelholz-, 0,44 Millionen Eichen- und 0,57 Millionen Buchenschwellen.

Belgien verwendet vorwiegend Eichen- und Buchenschwellen, Holland, sowohl seine Staats- wie Privatbahnen, ganz vorwiegend Kiefernschwellen, in den Kurven der Hauptbahnen Eichen- und Buchenschwellen; man gelangte dort zur Holzschwelle nach langjährigen unbefriedigenden Versuchen mit Eisenschwellen der Systeme Cosyns und Post. Die Lebensdauer der teerölgetränkten Kiefernschwelle wird dort auf 20 Jahre (davon 15 in Hauptgleisen) angenommen; die Kiefernschwelle wird dort, gleichwie in England, aus Rußland bezogen und kommt auf dem Wasserwege über Riga und Archangel, die Buche aus Deutschland.

In Dänemark und den Pyrenäenländern überwiegt die Weichholzschwelle, das verhältnismäßig waldarme England, in dem die Eiche ganz fehlt, verwendet, gleichwie das russische Reich, ganz vorwiegend Kiefernschwellen[2]). Italienische und rumänische Bahnen verwenden fast ausschließlich Eiche, die in Österreich-Ungarn 60% des

[1]) Mathey, traité d'exploitation commerciale des bois. tome 2. Paris 1908, Lucien Laveur.

[2]) In einem Aufsatz der „railroad age gazette" wird von dem Verfasser, Mr. Cushing ausgeführt: in England habe die London and Northwesternbahn die größten Erfahrungen im Eisenschwellenoberbau aufzuweisen, und zwar mit dem Typ der an den Enden offenen Webb-Schwelle, deren Gewicht einschließlich der Klammern anfangs 80½ kg betrug und später auf 88¾ kg erhöht wurde. Die Kosten einer Schwelle betrugen reichlich Mk. 9.—; dieselbe hatte aber nur eine betriebliche Liegedauer von 12 Jahren in der Hauptstrecke aufzuweisen, während getränkte Holzschwellen es auf 21 Jahre brachten. Diese Schwellen wurden in der Zeit von 1880—1890 verlegt, zuerst 91 km, von denen 12,8 km noch im Januar 1908 in Nebengleisen verwendet wurden. Ein Versuch mit dem gleichen Schwellentyp auf der Pennsylvaniabahn stellte sich als Mißerfolg heraus, da die Schwelle sich als zu leicht erwies und infolge starken Wanderns die Lage des Gestänges nicht zu halten war. Die Einführung der Eisenschwelle muß in England als aufgegeben betrachtet werden. Die englischen Hütten- und Walzwerke stellen dagegen beträchtliche Mengen an Eisenschwellen für Indien, Südamerika und verschiedene englische Kolonialgebiete her.

Schwellenbedarfes deckt, während 24% (nach Piccioli) Buchenschwellen zur Verwendung kommen. Italienische, belgische Bahnen bedienen sich der Rotbuche nur in geringem Umfang, während deren Verwendung in Frankreich, Elsaß-Lothringen, und neuerdings auf preußischen Bahnen im Zunehmen begriffen ist.

b) Die amerikanische Union.

Es ist bereits erwähnt, daß, abgesehen von einer größeren Erzschleppbahn im kanadischen Seengebiet, das über 400000 km umfassende Riesennetz der amerikanischen Eisenbahngesellschaften ausschließlich auf Holzschwellen ruht, und daß auch in absehbarer Zeit der Nordamerikaner bei diesem Oberbau verbleiben werde. Einer vorzeitigen Erschöpfung der heimischen Schwellenholzbestände begegnen die großen Eisenbahngesellschaften, zum Teil unter dem Druck des „Forst-Departements" der Bundesregierung, durch neuerliche gewaltige Aufforstungen von Ödländereien und abgeholzten Waldflächen, andererseits in eigenstem wohlverstandenen Wirtschaftsinteresse durch den grundsätzlich erfolgten Übergang zur Schwellentränkung. So sind im letzten Jahrzehnt in der Union einige gewaltige „Schwellentränkanstalten nach deutschem Muster und deutschen Verfahren" angelegt worden. Abb. 180 zeigt den Gleisplan einer solchen Anlage, die im Jahre 1905 für die Atchison, Topeka und Santa Fé-Eisenbahngesellschaft" in Sommerville im Staate Texas nach dem Rüping-Verfahren durch deren deutsche Lizenzinhaber gebaut wurde.

Mr. Faulkner, dem Chef des Schwellendepartements der genannten Bahngesellschaft, die im Jahre 1908 ein Bahnnetz von 16000 km Länge umfaßte, verdanken wir einige interessante Angaben über den jährlichen Schwellenbedarf, dessen Beschaffung und wichtigste Holzgattungen.

Der Jahresbedarf belief sich auf über 3 Millionen Holzschwellen, die die Gesellschaft im In- oder Auslande dort bezog, wo sich die beste kaufmännische Bezugsgelegenheit bot.

Vom Auslandsbezug kamen 500 000 Eichenschwellen aus Japan, 500 000 aus Hawai. Die Hölzer wurden alle nach dem Rüpingverfahren mit Teeröl getränkt.

Der Schwellenverbrauch aller Dampf- und elektrischen Bahnen der Union betrug im Jahre 1908 nach einer amtlichen „Statistik des Forstdepartements" $112^1/_2$ Millionen Holzschwellen gegen 153 Millionen Stück des Vorjahres 1907. 1908 wurden 7,4, im Vorjahre 23,6 Millionen dieser Holzschwellen für Neubaulinien, der bedeutende Rest für die Unterhaltung verwendet. $^2/_3$ dieser Beschaffungen entfielen auf Dampfeisenbahnen, $^1/_3$ auf elektrische Bahnen. Die Buntscheckigkeit der verwendeten Holzarten ergibt sich daraus, daß 48,1 (61,7) Millionen Stück aus Eiche, 21,5 (34,2) aus südlichen Kiefern, 8,2 (8,9) aus Ingwertanne und Ceder, 8,1 (7,8) Kastanie, 8,0 (14,5) Douglasfichte, 4,0 (4,6) Lärchenschwellen (Tamarak), 3,5 (6,8) Zypressen, 3,1 (2,4) Hemlocktannen und 3,1 (5,0) Millionen dieser Schwellenbeschaffungen aus der Gelbkiefer des Westens gewonnen wurden, wobei die ( ) das Vorjahr bezeichnen.

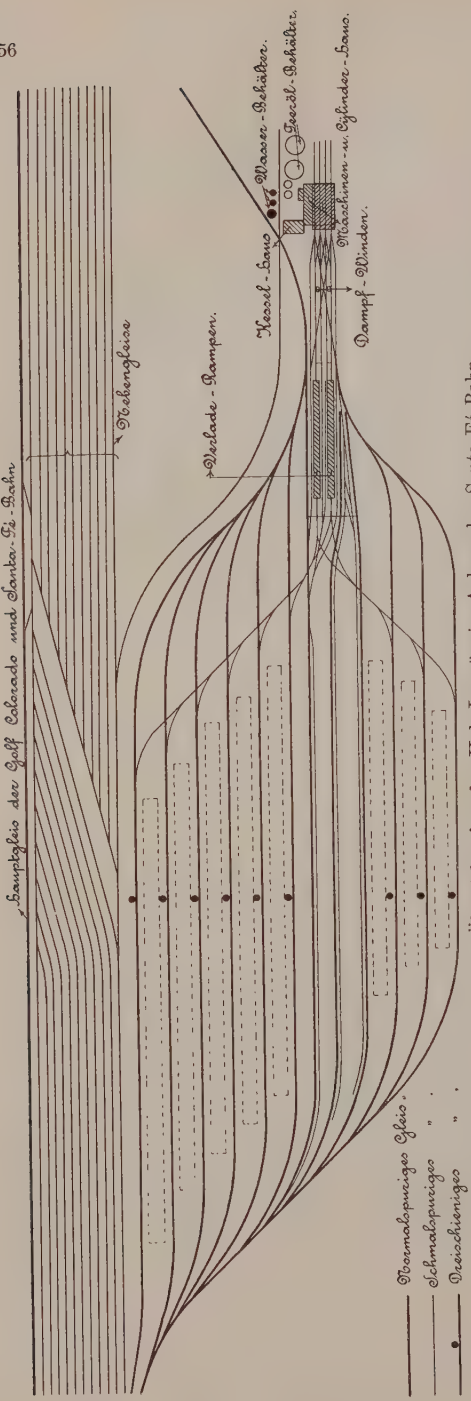


Abb. 180. Übersichtsplan der Holz-Imprägnier-Anlage der Santa-Fé-Bahn.

Der Durchschnittspreis einer Schwelle stellte sich am Bezugsort auf 0,50—0,54 $.

Es wird in dem Bericht weiter mitgeteilt, daß im Jahre 1908 von den Bahnen 23,8 Millionen, also 21,1 % aller Schwellen getränkt oder ungetränkt gekauft wurden, während in den beiden Vorjahren nur 12,9 bzw. 11,5 % getränkt zur Verlegung kamen. Es besaßen im Jahre 1908—12 große Eisenbahngesellschaften eigene Tränkanstalten; im ganzen waren in den Vereinigten Staaten damals 70 Holztränkanstalten im Betriebe.

Diese zunehmende Tränkung hat die Verwendung ziemlich weicher Hölzer, so z. B. die des Tulpenbaumes (Liriodendron tulipifera) und gewisser Buchenarten ermöglicht, die früher von der Schwellenverwendung ausgeschlossen waren, auch soll der wirtschaftliche Nutzen der Tränkung sich schon stark in der entsprechenden Verringerung des jährlichen Schwellenbedarfes für die Unterhaltung fühlbar gemacht haben.

Auch im Gesamtverbrauch hölzerner Telegraphen-Leitungs-

maste, der von 1907—1910 sich von 3,3 auf 3,4 Millionen Stangen erhöht hatte, wird ein zunehmend größerer Prozentsatz getränkter Stangen bemerkbar; in der letzteren Ziffer steckten 0,83 Millionen getränkter Stangen.

V. Die Überlegenheit der teerölgetränkten Holzschwelle im Wettbewerb mit der Eisenschwelle.

Unterliegt es nach den vorstehenden Äußerungen der Eisenbahn-Betriebsverwaltungen keinem Zweifel, daß die Tränkung der Holzschwelle im Eisenbahn-Oberbauwesen einen Fortschritt von großer wirtschaftlicher Tragweite darstellt, und daß innerhalb der verschiedenen Tränkungsarten der Teeröltränkung durchaus der Vorzug gebührt, so erscheint dennoch eine kurze Untersuchung am Platz, welche die wirtschaftliche Überlegenheit des teerölgetränkten Holzschwellen-Oberbaues gegenüber der Eisenschwelle zum Gegenstande hat, weil, wie bereits ausgeführt, der Wettbewerb der letzteren „auf deutschen Eisenbahnen" von Erfolg begleitet war.

War man für die Holzschwellen zu einigermaßen sicheren Grenzwerten ihrer mittleren Liegedauer gelangt, so versagt die Erfahrung hinsichtlich der Liegedauerwerte für die eiserne Querschwelle fast gänzlich, und daher nimmt die Frage nach dem relativ besten Oberbau gerade bei solchen Eisenbahnbetrieben die umstrittenste Form an, bei denen verschiedene Unterschwellungsarten in Verwendung stehen. In den Verwaltungen „gemischter Schwellensysteme" ringt naturgemäß jede Schwellenart um Anerkennung ihrer Vorzüge und nach Ausdehnung ihres Verwendungsgebietes. Daß es sich dabei um Wirtschaftskämpfe ernster Art handelt, erklärt sich durch den Umfang des Schwellenverbrauches.

Wir sahen, daß die Urteile über die relativ vorteilhafteste Querunterschwellung in der Eisenbahnwelt der europäischen Kulturstaaten, wie in der nordamerikanischen Union bisher zugunsten des Holzschwellenoberbaues, und zwar des teerölgetränkten, entschieden seien, daß aber trotzdem, außer der kleinen Schweiz und eines Teiles der früheren französischen Westbahn, gerade deutsche Staatseisenbahnbetriebe sich in beachtenswertem Umfange der eisernen Unterlage zugewendet haben.

Aber auch die deutschen Staatseisenbahnverwaltungen stehen der Schwellenfrage geteilt gegenüber.

Von der Gleislänge aller deutschen Staatsbahnen — 119 000 km — ruhten Ende 1912 36 700 km (oder 30,9%) auf eisernen Querschwellen. Bestimmend für dieses Verhältnis ist der große in diesen Ziffern enthaltene preußisch-hessische Eisenbahnbesitz, innerhalb dessen Betriebslänge von 82 467 km 27 380 km (33,2%) auf eiserner Unterschwellung ruhten. Lehrreich ist das Verhalten der übrigen bundesstaatlichen Eisenbahnnetze: während Sachsen (6266 km), Oldenburg (1000 km), Mecklenburg (1550 km) bis auf Versuchsstrecken der Eisenschwelle fast ganz ihre Tore verschlossen hatten, herrschte dieselbe im Großherzogtum Baden (4255 km) fast uneingeschränkt. Bayern hatte von 14912 km etwa 4200 km

(28,2%) Eisenschwellenoberbau, Württemberg von 3779 km etwa 1530, also etwa 40%, die Reichseisenbahnen von 4408 dagegen etwa 269 (oder 6%) km Eisenschwellengleise. Württemberg nähert sich hiermit etwas den badischen Anschauungen, während die Reichslande in letzter Zeit wieder zur Holzschwelle zurückgekehrt sind. In der Gegenwart hat sich der Anteil der Eisenschwellenverwendung auf etwa 32.3% erhöht.

Mit diesem teilweisen Übergangsprozeß Preußens zur eisernen Querunterschwellung ging die für den Volkswirt bedeutsame Tatsache einher, daß die Neubeschaffungskosten der eisernen Regelschwelle von 58,3 kg Gewicht sich durchweg über 50% höher stellten als die der kiefernen teerölgetränkten Normalschwelle (16/26 cm), und daß sie dieselben auch gegenwärtig noch um reichlich 40% übersteigen. Es drängt sich hiernach dem Volkswirt die Frage nach der wirtschaftlichen Rechtfertigung des teureren eisernen Querschwellenoberbaues gegenüber dem billigeren Holzschwellenoberbau auf. Diese Untersuchungen führen auf die Grundfrage, ob die mittlere betriebliche Liegedauer einer Schwellenart ihren Kostenaufwänden entspreche oder nicht. Solche kaufmännischen Vergleichsrechnungen schlagen bei den in Deutschland herrschenden Preisverhältnissen beider Schwellengattungen beträchtlich zugunsten der getränkten Holzschwelle, und zwar zugunsten der teerölgetränkten kiefernen wie der buchenen Schwelle infolge der mit der Tränkung erzielten unverhältnismäßig höheren Lebensdauer der Schwellengattung aus.

Auf Grund der Erfahrungstatsachen tritt die Nutzwirkung der Teerölträukung bei der in rohem Zustande kurzlebigen Buchenschwelle besonders deutlich in die Erscheinung. Daß die Kosten einer solchen Tränkung, welche zwischen 1,35 Mk. (für Bahnschwellen II. Klasse) und 1,65 Mk. (für Bahnschwellen I. Klasse) liegen, sich in Gestalt längerer mittlerer Liegedauer vielfach reproduzieren, bedarf eigentlich keines rechnerischen Nachweises.

Bei der Kiefernschwelle, welche in der Volltränkung eine geringere Menge von Tränkflüssigkeit aufnimmt, liegen die Kosten der gleichartigen Teerölträukung zwischen 0,86 und 0,97 Mk. Erwägt man, daß nach den obigen statistischen Mitteilungen die mittlere Lebensdauer der rohen Kieferschwelle von 7 Jahren durch die Teerölträukung auf 10–20, also im Mittel auf allermindestens 15 Jahre erhöht war, so tritt auch hier zutage, daß eine Verdopplung der betrieblichen Nutzungsdauer einer solchen Schwelle, welche im rohen Zustande 4—4.50 Mk. kostet, mit 1 Mk. Aufgeld nicht überzahlt sein kann. Die Schwellenträukung liegt, wie schon Funk, ihr überzeugtester Anhänger, mehrfach betont, im wohlverstandenen wirtschaftlichen Interesse der Verwaltungen, wo die örtliche Lage der Betriebsnetze ohnehin auf die Kiefernschwelle hinweist. Der Reichs-Eisenbahnstatistik, welche seit dem Jahre 1880 die kilometrischen Gleisbestände und den jährlichen Schwellenverbrauch der deutschen Eisenbahnstaaten bringt, ist der Nachweis zu entnehmen, daß innerhalb des großen preußischen Eisenbahnnetzes den bis zur Gegenwart ausgewechselten Eisenschwellen keine höhere mittlere Liegedauer (14—16 Jahre) zur Seite stand, als den Holzschwellen, obgleich die Neubeschaffungskosten sich bei jenen durchweg zwischen 100 und

40% höher gestellt haben, als bei diesen, daß daher, unter Anwendung der rechnerischen [1]) Wirtschaftlichkeitsformel, die hölzerne Unterschwellung der eisernen Tragschwelle aller Querschnitte wirtschaftlich überlegen erscheint. Diese Überlegenheit aber besitzt für die kiefernen und buchenen Holzschwellenarten der Gegenwart erhöhte Gültigkeit, weil die lebensverlängernde Wirkung der vervollkommneten Teeröltränkungsverfahren nicht nur deren Kosten rechtfertigt, sondern auch über das Maß der mittleren Betriebsdauer hinausgeht, welche die Eisenschwelle infolge verbesserter Querschnittsformen des letzten Jahrzehntes für sich beanspruchen darf.

Die übrigen Oberbauverbesserungen, engere Schwellenteilung, verbesserte Befestigungsart, hochwertigerer Bettungskörper aber sind bekanntlich beiden in Wettbewerb stehenden Oberbaugattungen gleichmäßig zugute gekommen.

Diese Erkenntnis hat denn auch in der ausländischen Eisenbahnwelt die Herrschaft des Holzschwellenoberbaues, und zwar unter enormer Ausdehnung der Teeröltränkung und des Baues von Teeröl-Tränkungsanlagen, besonders nach dem Sparsystem Rüping, begründet.

B. Stangen und Leitungsmaste.

Von Regierungs-Baumeister a. D. **Otto v. Haselberg**-Berlin.

I. Das Anwendungsgebiet der Leitungsmaste.

Dem gesteigerten Personen- und Güterverkehr der Kulturwelt steht ergänzend und wechselwirkend der Nachrichtenverkehr zur Seite. Ist die Triebkraft im Weltverkehr der Eisenbahnnetze und Schiffahrtsrouten vorherrschend der Dampf, so im Nachrichtenschnellverkehr [2]) die elektromotorische Kraft, deren Bahnen die Leitungsdrähte der Telegraphen- und Fernsprechleitungen. Vor dem Eintritt in den eigentlichen Gegenstand mögen einige statistische Angaben die Ausdehnung des Netzes der

[1]) Solche Vergleichsrechnungen haben das, in den betrieblichen Erneuerungszeiträumen **n** der Schwelle zu investierende Anlagekapital **N**, bei Zinseszinsrechnung mit einem Zinsfuß von f % nach Abzug der Rückeinnahmen A aus den Altmaterialwerten, durch gleichwertige jährliche Rücklagebeträge **R** zu ersetzen, deren Jahreshöhe den Maßstab für den Wirtschaftsvergleich liefert.

Der Formel für den Rücklagebetrag $R = \frac{N \cdot (1-f)^n - A}{(1+f)^n - 1} \cdot f$ ist ohne weiteres die entscheidende Rolle zu entnehmen, welche in ihr der Liegedauerexponent n spielt. Tatsächlich führt denn auch die Wahl dieses Liegedauerwertes **n** für die Holzschwelle einerseits, für die eiserne Schwelle andererseits, den Wirtschaftlichkeitsentscheid in Gestalt der Höhe des jährlichen Betriebskostenaufwandes R herbei.

[2]) Der Nachrichten-Schnellverkehr umfaßt vornehmlich die Telegraphie und das Fernsprechwesen, während die Postsendungen des Brief-, Paket-, Anweisungs- und Wertsendungsdienstes sich der bestehenden Verkehrsmittel zu Lande und zu Wasser als Transportvermittler bedienen. Im nachfolgenden wird von den großen Errungenschaften der „drahtlosen Telegraphie" abgesehen, die ihre weiten Wege im freien Äther des Luftraumes hat.

Telegraphen- und Fernsprechwege im Verhältnis zu den Längen der Eisenbahn-Spurwege beleuchten.

Erwägt man, daß neben den postalischen, dem öffentlichen Verkehr dienenden Telegraphen- und Fernsprechwegen alle Eisenbahnlinien von einem selbständigen - je nach der Verkehrsbedeutung der Linie einseitigen oder doppelseitigen — Telegraphen- und Fernsprechleitungsnetz für den Zugmeldedienst und das sonstige amtliche und dem Reiseverkehr dienende Nachrichtenwesen begleitet sind, so läßt sich aus den statistischen Teildaten ein ungefähres Bild von der Gesamtausdehnung des durch die Verkehrsbedürfnisse bedingten telegraphischen Leitungsnetzes gewinnen.

Der bei weitem größte Teil dieser Leitungsnetze wird als Luftleitung, ein geringer Teil, vornehmlich die Fernsprechleitungen der Großstädte, als Kabelleitung hergestellt.

Deutschland verfügte Ende 1910 — nach der „Berner statistique générale de la télégraphie [1]) — über ein Telegraphen- und Fernsprechnetz, welches bei 274 593 km Linienlänge über 2 050 332 km Drahtleitungen aufwies. Ihm gesellten sich die Ortsfernsprechnetze mit 111 253 km Linienlänge bei 969 572 km oberirdischer und 3 600 979 km unterirdischer Drahtleitung (Kabel) hinzu. Demgegenüber verkörperte das Liniennetz deutscher vollspuriger Haupt- und Nebenbahnen bei 61 000 km Länge einen Gleisbestand von 120 000 km, dem sich 15 100 km Kleinbahnen anschlossen.

Nach derselben statistischen Quelle würde das übrige, zu Deutschland hinzutretende Europa über ein Telegraphen- und Überland-Fernsprechnetz von reichlich 1,1 Millionen Kilometer Linien- und von etwa 4,8 Millionen Kilometer Drahtlänge [2]) neben einem Eisenbahnnetz von 340 000 km Linien- bei 450 000 km Gleislänge verfügen. Geht man ferner davon aus, daß die Vereinigten Staaten [3]) über ein Telegraphen- und Fernsprechnetz von 1 600 000 km Linienlänge verfügen, so läßt sich, unter roher Einschätzung der übrigen Siedlungsgebiete der Kulturwelt auf den Längenbestand der nordamerikanischen Union, der gesamte Linienbestand der Welt auf 4,3 Millionen km oberirdischer Leitungen veranschlagen. Das gesamte Eisenbahnnetz des Erdballes umfaßt eine Linienlänge von 1,1 Millionen Kilometer: der bei $1^1{}_2$facher Besetzung ein weiteres elektrisches Netz von 1,6 Millionen Kilometer Längenleitung entspricht. Nimmt man für die Holzstangen dieses rund 6 Millionen Kilometer umfassenden Welt-Leitungsnetzes einen mittleren Abstand von 75 m an, so würde das zu einer Zahl von 80 Millionen Telegraphenstangen und somit zu etwa 24 Millionen Kubikmeter Holz führen.

In den Jahren 1880—1911 nahm die Länge der im Deutschen Reiche

[1]) Statistisches Jahrbuch f. d. Deutsche Reich 1913: internationale Übersichten Nr. 31.

[2]) Die Orts-Fernsprechnetze des außerdeutschen Europa hatten nach derselben Statistik einen Linienbestand von ca. 700 000 km bei einer oberirdischen Drahtlänge von 1 300 000 km und einer unterirdischen Kabeldrahtlänge von 2 300 000 km.

[3]) Dr. Moll „Beitrag zur Beurteilung der hölzernen Gestänge für Telegraphen- und Fernsprechlinien" im Aprilheft 8 des „Archiv f. Post und Telegraphie", 1913.

vorhandenen Telegraphenleitungen von 65 865 auf 228 600 km [1]), also um 162 735 km oder 247 % zu, und die Zahl der Telegraphenstangen im Gebiet der Reichspostverwaltung in den Jahren 1852 — 1880 — 1908 betrug 1983 — 784 837 — 3 618 084 Stück [2]).

II. Anordnung und Herstellungsgrundsätze der hölzernen Leitungsgestänge.

Die Luftleitungsnetze werden in der Regel aus verzinktem Eisendraht von 4—5 mm Drahtstärke hergestellt, die Träger dieser Leitungen sind vorzugsweise hölzerne Stangen, an denen die Drähte durch Vermittlung von Porzellan-Isolatoren an eingeschraubten eisernen Stützen aufgehängt sind.

Das Holz der Telegraphenstangen wird in seiner natürlichen äußeren Gestalt verwendet. Nach dem Entfernen der Äste und der Rinde, sowie nach dem Zuschneiden des abgehauenen Stammes auf bestimmte Gebrauchslänge ist die Arbeit des Holzhauers und des Zimmermanns getan, die Telegraphenstange liegt gebrauchsfertig vor. In Deutschland wie den anderen mitteleuropäischen Ländern wird hierzu das Stammende der Kiefer (Pinus silvestris), weniger das der Fichte (Pinus abies), Lärche (Larix decidua), Weißtanne (Pinus picea) u. ä. genommen. In anderen Ländern kommt noch eine Reihe anderer Holzarten, so in den Vereinigten Staaten Amerikas fast ausschließlich die gelbe Zeder, in Australien das Holz des Eukalyptusbaumes in Betracht, die in bezug auf Dauerhaftigkeit zu den besten roh verwendbaren Holzarten zählen.

Die Telegraphenstangen — und mit ihnen die Tragmasten der elektrischen Licht- und Kraftstromleitungen — sollen neben dem eigentlichen Tragzweck die zwischen zwei Orten geführten Drahtleitungen in einer der Isolierung und dem Verkehr genügenden Entfernung vom Erdboden halten. Nach den deutschen Vorschriften [3]) werden zu diesem Zwecke in Entfernungen von 75—100 m (nach Bedarf auch in kürzeren Abständen) Stangen in Längen von 7, $8^1/_2$, 10 und 12 m mit einem Durchmesser am Zopfende von 12 oder 15 cm auf $^1/_5$ ihrer Länge in den Boden eingegraben und erhalten 6 cm unter dem Kopfende den ersten Isolator.

Der durch das Eigengewicht des Drahtes, durch Wind, Schnee- oder Eisbehang hervorgerufene Zug verlangt eine bestimmte Festigkeit des Holzes [4]), die allen Witterungseinflüssen gegenüber möglichst lange standhalten soll. Die Nadelhölzer nehmen im allgemeinen den Vorteil schlanken und geraden Wuchses bei verhältnismäßiger Astfreiheit des Stammendes in Anspruch. Gerades Wachstum aber ist für die Festigkeit erforderlich; es genügt für die hier in Frage kommenden Beanspruchungen, wenn die gerade Verbindungslinie der Mittelpunkte beider Hirnflächen

[1]) Die erstere Zahl entstammt Andrees Handbuch 1882, S. 867; die letztere dem statistischen Jahrbuch f. d. Deutsche Reich 1913.
[2]) Archiv f. Post u. Telegraphie 1905, Nr. 16 und 1911, Nr. 28.
[3]) Telegraphenbauordnung.
[4]) Über die Größen dieser Kräfte genaue Angaben im „Winnig", Grundlagen der Bautechnik für oberirdische Telegraphenlinien, S. 147.

an keiner Stelle aus der Stange heraustritt. Ausgeschlossen für die Verwendung sind dagegen Bäume mit Drehwuchs, da solche Stangen je nach ihrem Feuchtigkeitsgehalt und ihrer äußeren Beanspruchung sich verdrehen, so daß die an ihnen befestigten Querträger und Leitungen sich verschieben [1]).

Fehler oder Krankheiten, wie z. B. Wurmfraß, Risse, Saftfluß oder Fäule, schließen die Hölzer selbstverständlich von der Verwendung aus. Das Holz muß dicht sein, da enge Zellen und schmale Jahresringe die Festigkeit und die Widerstandsfähigkeit gegen Fäulnis usw. erhöhen. Junges, zu schnell gewachsenes Holz hat grobe Jahresringe und lockeres Zellgefüge. Ein 60jähriger Baum mit genügend festem und widerstandsfähigem Holz zeigt gewöhnlich vom Zopfende her eine Durchmesser-Zunahme von ungefähr 1 cm auf den laufenden Meter seiner Länge, so daß bei den vorangeführten Gebrauchslängen Stangen mit 15 cm Zopfdurchmesser am Stammende einen Durchmesser von 22, $23^1{}_2$, 25 und 27 cm, solche mit 12 cm Zopfdurchmesser dagegen einen unteren Durchmesser von 19, $20^1/_2$ und 22 cm aufweisen sollen. Der Zusammenhang zwischen Alter und Festigkeit ist indes entsprechend den Lebensbedingungen der Bäume in verschiedenen Ländern ein anderer. So entspricht z. B. das in Deutschland und Rußland verwendete, allen amtlichen Vorschriften genügende Kiefernholz an Güte noch lange nicht dem, welches der österreichischen Telegraphenverwaltung in den Alpenländern reichlich zur Verfügung steht. Dieser Unterschied an Güte macht sich natürlich überall bemerkbar, sowohl bei der Lebensdauer der Stangen, wie bei der Aufnahmefähigkeit von Imprägnierstoffen.

Anfangs mußten die Stangen roh verwendet werden, zum Teil geschieht es in Ermangelung leicht zu beschaffender getränkter Stangen noch jetzt. Im Jahre 1909 standen z. B. rund 14 900 ungetränkte Stangen in den Linien der deutschen Telegraphenverwaltung = 0,4 % [2]). Unbehandelte, rohe Stangen dürfen, um das bei schnellem Trocknen erfolgende Aufplatzen zu vermeiden, erst nach völligem Austrocknen entrindet werden. Nach dem Schälen werden die Stangen am Stammende senkrecht zur Achse durchgesägt und die Kopffläche kegelstumpfförmig abgearbeitet, da scharfe Kanten Absplitterung und den Fäulnisprozeß begünstigen würden. Ebenso wird das Zopfende auf 40 cm Firsthöhe dachförmig abgeschrägt, um dem mit Fäulniskeimen gesättigten Niederschlagswasser (Regen, Schnee) den Weg durch die Hirnfläche in das Innere der Stange zu verlegen. Die Schnittflächen erhalten einen zweimaligen Anstrich von Steinkohlenteer. Auf den zweiten Anstrich, der erst nach dem Erkalten des früheren aufzutragen ist, wird reiner gesiebter Quarzsand gestreut, der eine größere Haltbarkeit und ein besseres Haften des Teeres bewirkt.

Die so fertiggestellten Stangen waren nun nach einer amtlichen Statistik in 7,7, nach einer anderen Statistik bereits in 5 Jahren durch

[1]) Winnig, Grundlagen, S. 147.

[2]) Dagegen waren im Jahre 1908 in Kanada unter 2 433 245 Stangen in 66 544 Meilen (rd. 107 000 km) nur 14,7 % behandelt. Report Committee 1911, S. 105.

Witterungseinflüsse und Pilzangriffe so angegriffen, daß eine Auswechslung des ganzen Bestandes nach dieser Betriebsdauer vorgenommen werden mußte. Das sehr viel bessere Holz der Zeder, das in Nordamerika verwendet wird, hält den Witterungseinflüssen etwa 13 -14 Jahre im Mittel stand [1]), die vorzüglichen Eukalyptusarten sollen sogar eine mittlere Lebensdauer von 25 Jahren erreichen [2]). Es wäre eine Verwendung von nicht gegen Fäulnis geschützten Stangen also nur bei Leitungen am Platze, die nach weniger als 7 Jahren ihren Zweck erfüllt haben, und wo eine Wiederverwendung der überflüssig gewordenen Stangen an anderem Platze aus irgendwelchen Gründen (z. B. zu hohe Transportkosten) nicht angezeigt ist. Denn wenn man die Arbeitskosten für Schlagen und Zubereiten der Stangen, sowie für das Herrichten der Leitung mit rund 20 Mk. in Ansatz bringt, die Materialkosten einer Stange von 15 cm Zopfdurchmesser und 10 m Länge mit 10 Mk. berechnet [3]), so würde ein Verfahren noch wirtschaftlich sein, dessen lebensverlängernde Wirkung den Betrag von $\frac{20 + 10}{7{,}7} = 3{,}9$ Mk. pro Jahr nicht überschreitet.

Wenn also ein Holzschutz eine Lebensdauer von 20 Jahren den Telegraphenstangen verleiht, so kann das Geld, das er weniger kostet als $(20 - 7{,}7) \cdot 3{,}9 = 48$ Mk. für die Stange als erspart betrachtet werden. Es ist klar, daß angesichts der riesigen, eingangs angedeuteten Ausdehnungen der Telegraphenleitungsnetze der Erfindergeist sich bemühte, durch Ausfindigmachen eines billigen und dauerhaften Fäulnisschutzes den Telegraphenbetrieben die zu häufige Erneuerung der Stangen zu ersparen.

III. Zerstörungsgefahr und Erhaltungsmittel der Gestänge.

Die Zerstörung der Stangen erfolgte nun fast ausschließlich durch Fäulnis, die das Holz dicht unter der Erdoberfläche ergreift, und der einfachste und dem Arbeiter geläufigste Schutz erschien im Ankohlen der Stammenden. Dieser Schutz beruht auf Bildung eines Kohlenmantels um das Holz, der zugleich Holzteer und andere aus der trockenen Destillation des Holzes herrührende Stoffe enthält; der Erfolg jedoch war gering [4]), da zwar die Stange gegen die Angriffe aus dem Erdreich genügend geschützt sein mochte, aber durch die nicht geschützten Teile in der Luft, in denen beim weiteren Austrocknen sich trotz aller Vorsicht Risse bildeten, dauernd atmosphärische Feuchtigkeit und Fäulniserreger ein-

[1]) Nach Report 1910, S. 8, ist die Lebensdauer unbehandelter Stangen für

Chestnut	12	Jahre
Zypresse	9	„
Fichte (Pinus)	$6^1/_2$	„
Wachholder	$8^1/_2$	„

[2]) Daß rohe Stangen eine um so höhere Lebensdauer haben, je höher ihr Standort ist, hat seinen einfachen Grund darin, daß die Lebensbedingungen der Keime in höheren Gegenden schlechter werden und schließlich ganz fehlen.

[3]) Winnig, Grundlagen, S. 310.

[4]) Report Committee 1910, U. S. Dep. Agr. For. Serv. Circ.

drangen. Doch wird dieses einfachste Mittel auch noch in neuester Zeit verwendet: so wurden die Leitungsmaste der Lokalbahn Innsbruck - Hall bei ihrer Aufstellung im Jahre 1912 nur auf diese Weise geschützt. Auch ein Teeren oder ein anderer Anstrich, z. B. mit Ölfarben, hatte nicht den gewünschten Erfolg [1]). Solange freilich der Anstrich frisch ist, bildet er bei sorgfältiger Ausführung einen recht guten Abschluß gegen Luft und Wasser und damit auch einen Schutz gegen das Eindringen von Fäulniskeimen, besonders wenn die Anstrichmasse heiß aufgebracht wird, so daß sie etwas in das Holz eindringt. In der freien Luft verwittert aber der Anstrich bald, er blättert ab, wird auch mechanisch zerstört und unwirksam. Andererseits aber verhindert ein gut deckender Anstrich die Verdunstung der im Holz enthaltenen Feuchtigkeit und macht es sprockig. An dieser Stelle wollen wir die weiter unten (unter VI) eingehend behandelten Betonfundamente [2]) für Stangen erwähnen, die durch ihre Undurchlässigkeit ebenfalls die Feuchtigkeit im Holz festhalten und der Fäulnis Vorschub leisten können. Die Anwendung eines Deckanstrichs bei nicht sehr sorgfältig getrockneter Stange läßt so das Holz von innen heraus oft schneller verfaulen, als es ohne diesen Schutz geschehen wäre. In abgelegenen Gegenden, wo der Transport der Stangen zur Imprägnieranlage zu teuer würde, wird ein Holzteeranstrich angewendet, der, auf gut getrockneten Stangen aufgebracht, in einem Klima wie in Norwegen etwa 15 Jahre zu schützen scheint. In neuester Zeit hat Prof. Falck auf die hohe antiseptische und pilztötende Kraft der nitrierten Phenole hingewiesen und den Anstrich eines salbenartigen Präparats des Dinitrophenolnatriums (Mykantin) empfohlen [3]). Dieser Anstrich soll unmittelbar nach dem Fällen an den Wundflächen erfolgen und bei neuen Schnitten oder Verletzungen erneut angewendet werden. Ein Schutz vor Fäulnis, gleich nach dem Fällen im Walde angewendet, hat ja, wie auch das Boucherie-Verfahren, etwas Bestrickendes. Leider kann ein dauernder Schutz des Holzes nur erreicht werden, wenn der antiseptische Überzug, abgesehen von seiner Haltbarkeit an der Luft, vollkommen dicht bleibt und keine Lücken entstehen läßt. Die unvermeidlichen Risse und äußeren Verletzungen der Stangen z. B. durch Kletterhaken, bieten den Fäulnispilzen günstige Gelegenheit in das Innere der Hölzer einzudringen. Auch ein mehrmaliger Anstrich wird den Befall des Holzes nicht verhindern können.

Wenn wir das Streben, dem Holz der Telegraphenstangen eine größere Lebensdauer zu verleihen, von seinen Anfängen verfolgen, so stoßen wir auf fast alle Tränkungsverfahren, die jemals ersonnen wurden, waren es doch vornehmlich die Eisenbahnschwelle und die Telegraphenstange, für die die Verfahren erdacht wurden. Zu größerer Verwendung kamen in früherer Zeit vier Verfahren, und zwar:

[1]) Report Committee of Preservation Treatment 1910, 55, 69.
[2]) Report Committee of Preservation Treatment 1910.
[3]) Die Materialkosten für den Anstrich von 1 cbm Balkenholz (18.24) betragen nach Prof. Falck 0,25 M. Vergl. Hausschwamm-Forschungen, herausgegeben v. Prof. Dr. A. Möller, 1912 Jena. Verlag v. Gust. Fischer, VI. Heft, Seite 393.

1. Die Tränkung mit Quecksilberchlorid nach dem Verfahren von Kyan.
2. Die Tränkung mit Kupfervitriol nach dem Verfahren von Boucherie.
3. Die Tränkung mit Zinkchlorid nach dem Verfahren von Burnett.
4. Die Tränkung mit Teeröl nach dem Verfahren von Bethell.

Die früher am meisten von der deutschen Telegraphenverwaltung angewendete Tränkungsart ist die nach Boucherie, die bis über die Mitte der siebziger Jahre des vorigen Jahrhunderts noch in dem gleichen Maße wie die Bethelsche Volltränkung mit Teeröl Verwendung fand, von da an aber einen Siegeszug antritt, der im Jahre 1903 mit 89.9% seinen Höhepunkt erreicht. Im Jahre 1857 tritt diesem Verfahren zum erstenmal die preußische Telegraphenverwaltung näher, so daß 1858 schon 562 Stangen[1]) aufgestellt sind. Ende 1908 aber 3 254 240[2])!

Die beiden Verfahren, die noch in den siebziger Jahren dem Boucherie-Verfahren durchaus die Wage halten, nämlich die Tränkung unter künstlichem Druck mit Zinkchlorid und mit Teeröl, waren dagegen völlig außer Gebrauch gekommen. Der Grund, der die Vernachlässigung der Tränkung mit Zinkchlorid veranlaßte, war die sehr geringe Beständigkeit der Zinkchloridstangen in kalkhaltigem Boden: es zersetzt sich das Zinkchlorid und bildet in Verbindung mit Kalk Zinkkarbonat und Gips; das in Wasser unlösliche Zinkkarbonat aber kommt als fäulnishindernd nicht mehr in Frage[3]). Ferner greift die in der Zinkchloridlösung oft enthaltene freie Salzsäure das Eisen (z. B. den Isolatorenhalter) an: zusammen mit der hygroskopischen Eigenschaft des Zinkchlorids bedeutete dies eine schnelle Zerstörung der eisernen Halter und erhöhte Unterhaltungskosten.

Das Gegenteil war mit den Stangen der Fall, die mit Teeröl getränkt waren. Das Teeröl bot allen Angriffen durch Regen oder Erdstoffe Trotz und zwar in dem Maße, daß die Stangen noch lange Zeit einen starken Teergeruch ausströmten, das Teeröl der vollgetränkten Pfähle erhärtete sehr langsam, erweichte sogar unter dem Einfluß der Sonnenwärme, quoll infolge der Übersättigung des Splintgewebes wieder aus den Stangen heraus, die Oberfläche der Stangen wurde schmierig und die Kleider der Arbeiter wurden beim Transport und bei der Aufstellung stark beschmutzt. Auch nach der Aufstellung war die Besteigung unangenehm; in bewohnten Orten erwiesen sich Bekleidungen der Stangen als nötig, um Vorbeigehende vor Flecken zu schützen, ja beim Eindringen des Teeröls in den Boden wurde in der Nähe befindliches Wasser durch die giftigen Teersäuren ungenießbar gemacht. Ende 1903 waren im Bereich der deutschen Telegraphenverwaltung nur noch 0.4% Stangen mit Zinkchlorid, 3% mit Teeröl getränkt.

Auch die Tränkung der Telegraphenstangen mit Quecksilbersublimat wurde lange Zeit aus dem Grunde stark eingeschränkt, weil die starke

[1]) Archiv f. Post u. Telegraphie 1905, Nr. 16.
[2]) Archiv f. Post u. Telegraphie 1911, Nr. 8.
[3]) Elektrotechnische Zeitschrift 21. August 1913.

Giftigkeit des Quecksilbersublimats und seine Eigenschaft, leicht zu zerstäuben, sorgfältigste Vorsichtsmaßregeln nötig machten. Daher wurde auch diese Tränkung fallen gelassen, und nur infolge des großen Bedarfs der Reichspostverwaltung an Stangen wurden aushilfsweise Lieferungen kyanisierter Stangen an Unternehmer vergeben (vgl. Abb. 167).

Bis ungefähr zum Jahre 1905 ist mit obigen Ausführungen die Verwendung der „alten" Tränkungsarten im Deutschen Reiche geschildert, es möge zur besseren Übersicht noch eine kleine Zusammenstellung folgen.

Tabellen nach Archiv für Post und Telegraphie 1905/16 u. 1911/8.

Jahr	Stangenbestand, getränkt				Summe
	Kupfervitriol	Zinkchlorid	Quecksilbersub.	Teeröl	Nicht
1860	12136 = 37,3%	18783 = 57,7%	105 = 0,3%	566 = 1,7%	960 = 3% 32500
1875	137149 = 30,1%	100411 = 22,0%	26437 = 5,8%	160678 = 35,2%	30930 = 6,8% 455605
1890	1105656 = 83,6%	15642 = 1,2%	92278 = 7,0%	103999 = 7,9%	5436 = 0,4% 1323009
1905	2846314 = 89,2%	9316 = 0,3%	224855 = 7,0%	89610 = 2,8%	20871 = 0,7% 3190966
Mittlere Gebrauchsdauer =					
	13,4 Jahre	12,2 Jahre	14,5 Jahre[1])	22,3 Jahre	7,9 Jahre

Es liegt leider keine Statistik vor über die Erfahrungen, die in England, dem Ursprungsland der Bethellschen Tränkung mit Teeröl, mit diesem Verfahren gemacht wurden. Der Grund dürfte darin liegen, daß nach anfänglicher Begünstigung des Boucherie-Verfahrens die mit Teeröl behandelten Stangen ein derart befriedigendes Ergebnis zeigten, daß man in England, überzeugt von der Überlegenheit dieses Verfahrens, eine fernere Statistik für unnötig hielt. Doch ist bekannt und erwähnenswert, daß von den 1848 von Bethell bezogenen Teerölstangen bis zum Umbau der betreffenden Linien im Jahre 1883 keine in Abgang gekommen war[2]). Ob das von dem deutschen abweichende Ergebnis einer Mindestlebensdauer von 35 Jahren vom Klima, von der Güte des verwendeten Holzes, der sorgfältigen Trocknung oder dem besseren Teeröl herrührt, kann hier nicht entschieden werden

[1]) Nach bayerischen Berechnungen beträgt dieser Wert 17,5 Jahre, nach württembergischen Berechnungen rund 16,0 Jahre in „Zeitschrift für Post und Telegraphie 1911".

[2]) Archiv für Post u. Telegraphie 1913, Nr. 8, S. 234.

Bei den beiden seit 1875 nicht mehr verwendeten Tränkungsverfahren sehen wir in Übereinstimmung mit unseren obigen Ausführungen, daß die Zahl der Zinkchloridstangen von 100 411 im Jahre 1875 auf 9316 heruntergeht, genauer nach 30 Jahren auf 9,69%, nach 21 Jahren [1]) auf 16,44%, die der Teerölstangen von 160 678 nur auf 89 610, genauer nach 21 Jahren [2]) auf 49,5%, wobei allerdings Ankäufe kleinerer Linien und Nachbeschaffungen das Bild etwas stören [3]).

Diese absolute mittlere Lebensdauer verschieden getränkter Stangen ist aber auch irreführend, da erst der wirtschaftliche Wert eines Stangenjahres einen Vergleich zuläßt. In der folgenden Aufstellung sind die Preise, entsprechend den Handelsgewohnheiten, nicht für die Stange, sondern für 1 cbm gegeben.

Tränkungsart	Mittlere Dauer	Anschaffungskosten	Fracht und Aufstellung	Summe	Kosten v. 1 cbm auf 1 Jahr
Kupfervitriol . .	13,4 Jahr	32,00 Mk.	20,00 Mk.	52,00 Mk.	3,88 Mk.
Zinkchlorid.	12,2 „	28,82 „	20,00 „	48,82 „	4,02 „
Quecksilbersub. . . .	14,5 „	32,77 „	20,00 „	52,77 „	3,64 „
Teeröl . . .	22,3 „	39,26 „	25,00 „	64,26 „	2,88 „
roh	7,9 „	21,50 „	20,00 „	41,50 „	5,25 „ [4])

Diese Aufstellung zeigt uns die bemerkenswerte Tatsache, daß das in der Anschaffung teuerste Verfahren, die Tränkung mit Teeröl, das im Gebrauch das billigste ist; daß hingegen die drei anderen Tränkungsarten im Gebrauchswert nicht so erheblich voneinander abweichen, daß es dem Vorsprung der Teeröltränkung gegenüber ins Gewicht fiele. Insbesondere zeigt sie, daß die Bevorzugung der Tränkung mit Kupfervitriol (Boucherie-Verfahren) durch nichts gerechtfertigt ist, namentlich, wenn man erwägt, daß die oben angegebenen Preise bei der Kupfervitrioltränkung den Selbstkostenpreis der Telegraphenverwaltung darstellen, bei den anderen Verfahren auch noch einen Unternehmergewinn einschließen. Die Selbstkosten des Staates sind zwar nicht die billigsten, aber doch nicht so hoch, daß der übliche Unternehmergewinn mit Kapitalverzinsung und Abschreibungen darin enthalten sein könnte. Gegen die Verwendung des Boucherie-Verfahrens spricht sogar noch, daß die Fällzeit der Bäume und somit das ganze Verfahren an die Saftzeit – Frühling bis Herbst — und damit an die Zeit der teueren Arbeitslöhne gebunden ist.

Das Boucherie-Verfahren birgt aber außerdem gerade in seinem scheinbaren Vorzug, nämlich der Verwendung im Walde, einen weiteren

[1]) Von 1874—1895.
[2]) Von 1877—1898.
[3]) Archiv für Post u. Telegraphie 1905, Nr. 16.
[4]) Zu dieser Tabelle siehe auch Winnig, Grundlagen d. Bautechnik für oberirdische Telegraphenlinien, S. 165. Die Christianische Tabelle aus dem Archiv für Post und Telegraphie 1905, Nr. 16 ist nach den neusten Ergebnissen (daselbst 1911, Nr. 8) geändert. Desgleichen sind die höheren, dem jetzigen Stande entsprechenden Preise Winnigs eingesetzt.

Übelstand. Man sucht die geeigneten Stangen möglichst in der Nachbarschaft der hierzu errichteten Tränkungsanstalten zu gewinnen (vgl. Abb. 147), nicht nur aus dem naheliegenden Grunde, das Heranschaffen der Hölzer zu verkürzen und zu verbilligen, sondern auch um ein Eintrocknen des Saftes zu vermeiden, da das Verfahren von seiner Leichtflüssigkeit abhängig ist. Man sah daher aus diesem Grunde der Güte des Holzes leicht etwas nach, im Gegensatz zu den Stämmen, die für die anderen Tränkungsarten geschlagen werden. Für diese werden sie erst nach gehöriger Austrocknung gebraucht, so daß eine Auswahl schon am Schlagplatz stattfindet.

IV. Neuere Teeröl-Tränkungsverfahren.

Solcher Art war das Bild bis ungefähr zum Jahre 1905. Von da an gewann die Überzeugung, daß die bisher fast ausschließlich angewendete Kupfervitriolträukung diese Bevorzugung nicht verdiene, einen mächtigen Bundesgenossen in neuen Tränkungsarten, über die bei der Kürze der seitdem verflossenen Zeit natürlich noch nicht umfangreiche Beobachtungen vorliegen, wie sie bis dahin für die alten Verfahren, z. B. der deutschen Telegraphenverwaltung, zu Gebote standen.

Das von der Reichstelegraphenverwaltung jetzt am meisten benutzte Verfahren geht darauf hinaus, die bei der Teerölträukung auftretenden äußerlichen Mängel zu beseitigen und zugleich durch erhebliche Beschränkung der Menge des in das Holz eingebrachten Teeröls das große Gewicht der Stangen zu vermindern, wie auch die infolge des steigenden Teerölpreises erhöhten Kosten für die getränkte Stange (vgl. Abb. 162) niedriger zu halten. Es ist dies das Rüpingsche Verfahren, D. R. P. 138 933 [1]) und seitens der deutschen Telegraphenverwaltung sind in den Jahren 1904 bis Anfang 1912 etwa 800 000 solche Stangen eingebaut worden [2]). Auf ganz ähnliche Weise will das Rütgerssche Sparverfahren, Oe. P. 23 312, dasselbe Ziel wie die Österreichische Staatstelegraphenverwaltung verfolgen. Dort sind seit dem Jahre 1904 bis 1912 etwa 300 000 solcherart getränkter Stangen eingebaut worden [2]). Während bei der alten Vollimprägnierung nach Bethell dem Kubikmeter Kiefernholz etwa 250 kg Teeröl zugeführt wurden, verwendet Rüping nur etwa 60 kg und Rütgers durchschnittlich 100 kg, doch zielen die langsam weitergeführten Versuche, die sowohl von privater Seite, wie insbesondere durch die österreichische Staatstelegraphenverwaltung angestellt werden, darauf ab, eine möglichst große, aber noch zweckentsprechende Beschränkung der Teerölaufnahme zu erreichen. Diese Beschränkung muß natürlich sich entsprechend der Dichte der einzelnen zur Verfügung stehenden Kiefernarten ändern. Da nämlich diese beiden Sparverfahren durch nacheinander folgende Anwendung von verschiedenen Druckstärken — abgesehen von einem Dämpfen des Holzes — eine Tränkung der Zellwandungen anstreben, während sie den Hohlraum der Zelle (der zum Tränken der Zellwände ja mit Teeröl gefüllt sein muß)

[1]) Archiv für Post u. Telegraphie 1911, Nr. 8 am Schluß.
[2]) Elektrotechnik und Maschinenbau 1912, Nr. 44, S. 915.

wieder entleeren, so leuchtet ein, daß ein Holz mit engen Zellen, also verhältnismäßig viel Zellwänden, mehr Teeröl nötig hat, als ein solches mit großen Zellen. Die österreichische Telegraphenverwaltung hat daher bei einer versuchsweisen Anwendung des Rüping-Verfahren die Teerölaufnahme auf 70 kg/cbm beschränkt [1]).

Obwohl besonders die österreichische Telegraphenverwaltung gerade mit diesem Sparverfahren eine ganze Reihe von Versuchen noch anstellt, auch experimentell und theoretisch die erfolgreichste und sparsamste Tränkung mit Teeröl verfolgt, ist doch schon so gut wie erwiesen, daß auf diesen beiden Wegen eine mindestens ebensogute Tränkung erzielt wird, wie mit dem alten Bethellschen Verfahren, das eine sechzigjährige Probe hinter sich hat. Hervorzuheben ist noch, daß ein Herausquellen des Teeröls aus dem Holz nicht mehr stattfindet, sowie daß auf den mit Sparverfahren behandelten Stangen ein Farbenstrich mit Chromalinfarben möglich ist, genau so wie etwa auf kyanisierten Stangen [2]).

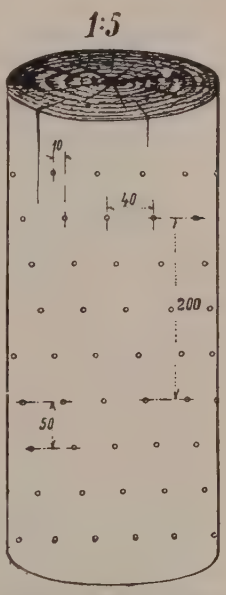


Abb. 181. Ein nach dem Haltenbergerschen Verfahren gelochter Mast.

Außer in der oben gekennzeichneten Richtung, nämlich die beste Art dieser Sparverfahren zu finden, bewegen sich die österreichischen Versuche noch auf zwei weitere Ziele hin. Die oben genannten Tränkungen konnten eigentlich nur bei der Kiefer mit Aussicht auf Erfolg angewendet werden, waren also z. B. in dem viel Kiefernholz erzeugenden Deutschland durchaus angebracht. Da nämlich die Tränkungsflüssigkeit nur das Splintholz, nicht aber den Kern durchdringt, ist von unseren Nadelhölzern hierzu die Kiefer am geeignetsten, weniger die Lärche, deren Splintholz kaum 15—20 mm stark ist, ungeeignet jedoch Fichte und Tanne, die zu den Reifhölzern gehören, deren saftführender Splint, dem anatomischen Bau nach, vom Stamminnern sich nicht unterscheidet. Diese Hölzer setzen dem Einpressen der Flüssigkeit selbst bei Anwendung stundenlangen hohen Druckes großen Widerstand entgegen, so daß der Erfolg gering ist. Fichten und Tannen eignen sich aber teils wegen ihres schönen, graden Wuchses und ihrer Festigkeit ganz besonders zu

[1]) Elektrotechnik und Maschinenbau 1912, Nr. 44, S. 916.

[2]) Wegen eines Versuchs, aus Laboratoriumsergebnissen auf das Verhalten der Stangen im Gebrauch zu schließen, sei auf einen Aufsatz des Oberbaurats Nowotny in der Elektrotechnischen Zeitschrift 1912, Nr. 38 verwiesen, sowie in der Zeitschrift für angewandte Chemie 1911, Nr. 20.

Das amerikanische Open Tank-Verfahren, das verschiedene Anwendungen zuläßt, ähnelt der oben beschriebenen Tränkungsart, siehe Report 1911, S. 83. U. S. Dep. Agr. For. Serv. Bull. 84, 198.

Telegraphenstangen, teils ist ihre Verbreitung in manchen Gegenden so groß, das Heranschaffen anderer Hölzer mit so großen Kosten verknüpft, daß das Ablehnen des Fichten- und Tannenholzes widersinnig, fast unmöglich erscheint. So wurde man in Ungarn fast zu Verfahren gezwungen, die eine sparsame Tränkung dieser Holzarten ermöglichte. Den Ingenieuren Haltenberger und Berdenich gelang es, durch Einstechen eines Netzes von feinen, 20—25 mm tiefen Löchern in den Stamm,

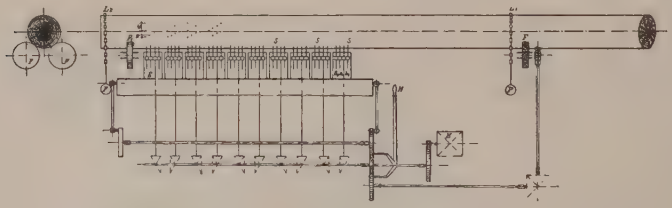


Abb. 182. Lochungsmaschine für Maste in schematischer Darstellung.

diesen so aufzuschließen, daß ein genügendes Eindringen des Teeröls erfolgen kann. (Abb. 181 u. 182.) Ob diese Lochung über den ganzen Stamm vorgenommen wird, oder ob nur die Teile des Stammes, die der Fäulnis besonders ausgesetzt sind, also etwa das Einbauende und das äußerste Zopfende, damit versehen werden, ist hierbei gleichgültig.

Abb. 183. Lochungsmaschine für Maste im Betrieb.

(Abb. 183.) Jedenfalls zeigen die Versuchsquerschnitte (Abb. 184) eine völlig ausreichende dem Kiefernholz gleichkommende Tränkung, und auch die Festigkeit leidet darunter fast gar nicht, jedenfalls weniger als durch irgendwelche zufälligen Schäden, Sprünge, Astlöcher u. ä.

In Österreich wird zur Erreichung desselben Zieles noch ein anderer Weg eingeschlagen: Man tränkt die Stangen erst mit der wässerigen Lösung eines Metallsalzes (z. B. Na, Fl) und preßt dann Teeröl bis zur Sättigung des Splintes nach. Durch das Verdunsten der tiefer ein-

dringenden Metallsalzlösung wird das Teeröl weiter in den Stamm hineingesaugt [1]).

Andere Versuche der österreichischen Telegraphenverwaltung erstrecken sich auf fäulnishindernde Salze. Die chemischen Gruppen, die hierbei in erster Linie in Betracht zu kommen scheinen, sind die Verbindungen des Phenols und flußsaurer Salze. Die Versuche hierüber sind in keiner Weise abgeschlossen und gründen sich nur auf Laboratoriums-Ergebnisse. Als Phenolverbindung sei hier das billig zu beschaffende Kresolkalcium genannt, mit dem in Österreich und Schweden Versuche gemacht werden, obwohl bei ihm schon im Laboratorium eine Umbildung des Kresolkalciums, die die fäulnishindernde Wirkung aufhebt, Bedenken erregt hat [2]). Ebensowenig können aus den sehr gründlichen Versuchen der österreichischen Staatstelegraphenverwaltung mit den flußsauren Salzen hier abschließende Ergebnisse an fertigen Stangen erbracht werden, da die Kürze der seitdem verflossenen Zeit noch kein klares Bild von dem wirklichen Erfolg gibt. Jedenfalls waren nach sechsjähriger Benutzung in einer Strecke an 60% Kupfervitriol-

[1]) Elektrotechnik und Maschinenbau 1912, Nr. 45, S. 938.
[2]) Elektrotechnik und Maschinenbau 1912, Nr. 45, S. 939 und 940.

Abb. 184. Längs- und Querschnitt eines imprägnierten Mastes aus Tannenholz nach vorangegangener Lochung der Mittelzone. Der Mast ist nach der Imprägnierung in der Mitte durchschnitten.

Stangen erneuert worden, dagegen erst 3 % von denen, die 8—14 Tage hindurch mit einer Zinkfluorid-Lösung behandelt worden waren [1]). In neuester Zeit haben die Rütgers-Werke in Berlin nitrierte Phenole, auf deren pilztötende Wirkung Prof. Falck in den Hausschwamm-Forschungen Heft 6 aufmerksam gemacht hat, zum Imprägnieren von Stangen verwendet. Die so behandelten Maste werden Nitrolmaste genannt. Die Tiefe der Durchtränkung ist durch die Gelbfärbung des Imprägniermittels leicht zu erkennen, während bei der Kyanisierung oder den Metallsalze-Verfahren keine Verfärbung des Holzes eintritt. Die Imprägnierung mit nitrierten Phenolen ist für Kiefernholz und unter Anwendung des Haltenbergerschen Verfahrens (Vgl. Abb. 181 bis 184) auch für Fichten- und Tannenholz angewendet.

Es ist noch der Maßregeln zu gedenken, Telegraphenstangen gegen die Angriffe von Tieren zu schützen [2]). Von Papageien- und Spechtarten, die, durch das Summen der Telegraphendrähte verlockt, in den Stangen Nahrung suchen und dann die einmal begonnene Höhlung in dem trockenen, leicht zu bearbeitenden Holz zur Wohnung erweitern, soll in gewissen Gegenden Amerikas den Leitungen ein beträchtlicher Schaden zugefügt sein. Da aber die Vögel die Holzspäne nicht verzehren, so hilft gegen diese unbeabsichtigte Benutzung der Stangen wohl nur ein Mittel, das vielleicht durch einen störenden Geruch oder durch seine Klebrigkeit die Tiere abschreckt, wenn nicht überhaupt ein äußerlicher Schutz, z. B. eine Drahtbewicklung, hier am Platze ist.

Ungleich gefährlichere Feinde sind die Termiten. Diese Insekten treten besonders in Australien, Asien (Indien und Ceylon) und Afrika auf. Australien verwendet zu Telegraphenstangen vielfach Eukalyptusarten, entweder für die Gesamtlänge oder wenigstens für den unteren Teil bis ein Fuß über der Erde und angeblich mit gutem Erfolg. Von Hölzern, die termitensicher sein sollen, seien hier genannt die festen Holzarten Grey Box und Ironbark und das weiche, aber an ätherischen Ölen reiche Murray Pine [3]). Außerdem werden eine ganze Reihe von Schutzmitteln verwendet, die meist arsenikhaltige Geheimmittel sind. Diese dienen als Anstrichmasse oder werden in ein, in das Holz gebohrtes Loch gegossen.

Für andere Länder kommen termitensichere Hölzer nicht in Frage, da sie zu selten und zu teuer sind. Auch in Australien selbst kommt stellenweise die Verwendung anderer Baustoffe billiger als der Transport von Eukalyptus nach dem Bauplatz. So werden im Nordterritorium, in Westaustralien und dem Norden von Queensland wegen der Termitengefahr überhaupt keine Holzstangen gesetzt.

---

[1]) Elektrotechnik und Maschinenbau 1912, H. 44, 1910, H. 24 und 9. Elektrotechnik und Maschinenbau 1912, H. 45, S. 944. Österreichische Chemikerzeitung 1908, H. 12; 1910, H. 7; 1912, H. 8. Dr. Julius Netzsch: Die Bedeutung der Fluorverbindungen für die Holzkonservierung 1909. Wegen der Versuche, nur das Stammende in der Erde zu schützen, führen wir an: Tränkung der Enden allein, siehe Wood Pres. Assoc. 1909, S. 105; 1911, S. 177; U. S. For. Serv. Bull. 84, S. 17.

[2]) Report 1911, S. 97, S. 103. U. S. Dep. Agr. Bureau of Entomology Circ. 134, Bull. 94.

[3]) Dr. Moll, Archiv f. Post u. Telegraphie 1913, Nr. 8.

V. Wirtschaftsbetrachtungen zur Stangenkonservierung.

Wir müssen nun noch die Grenzen der Verwendbarkeit von Holz für Telegraphen- und Leitungsmasten festlegen. Einmal kann die Grenze in der Unfähigkeit des Holzes liegen, den an einen Leitungsmast gestellten Anforderungen technisch nicht mehr zu genügen, andererseits dort, wo die Verwendung anderer Stoffe wirtschaftlicher wird.

Die technische Grenze liegt in der Hauptsache bei den gewöhnlich im Handel zu findenden Abmessungen der Stangen. Ist z. B. die Führung von Telegraphenlinien oder von anderen Leitungen in Höhenlagen nötig, die durch die üblichen Längen der Rundhölzer nicht erzielt werden kann, so kommt als Notbehelf eine Verlängerung der Stangen vor, die aus Holz oder Eisen gebildet werden kann, jedoch wird über die so ge-

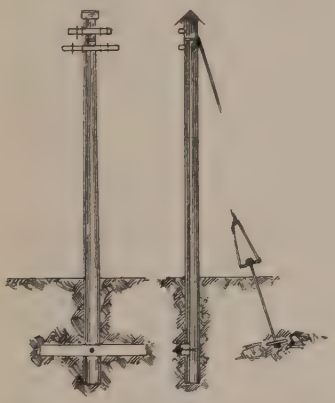


Abb. 185. Einzelstange, durch Zuganker verstrebt.

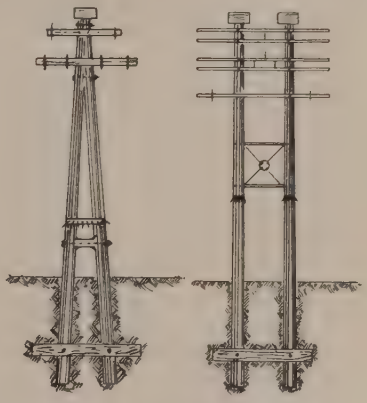


Abb. 186. Doppelgestänge.

schaffenen Längen hinaus die Verwendung von hölzernen Gerüsten und Türmen infolge des verhältnismäßig großen bedeckten Raumes, wenigstens in Kulturgegenden, in einen scharfen Wettkampf mit anderen Baustoffen treten, den sie bisher nicht zu scheuen hatten. Zum anderen vermag eine Holzstange mit dem gewöhnlichen Querschnitt nur eine bestimmte Druck- oder Biegungsbeanspruchung auszuhalten. Von dieser vorhandenen Festigkeit darf nach den Baupolizeibestimmungen nur ein mit dem Sicherheitsgrad wechselnder Bruchteil in Anspruch genommen werden. Außer den Einzelstangen, die bisweilen durch Streben oder Anker verstärkt werden (Abb. 185), werden auch Doppelständer (Abb. 186) bis etwa 30 m Höhe oder gekuppelte Stangen verwendet [1]). Gehen die aufzunehmenden Kräfte aber über jene einfachsten Trag-

[1]) Creosoted Wooden Poles Richd. Wade, Sons & Co. Hull England.

gerüste hinaus, so treten die Baustoffe des Eisens, in neuester Zeit auch des Eisenbetons, mit dem Holz in Wettbewerb, der sich dann häufig zugunsten der Eisenmaste entscheidet.

Die wirtschaftliche Grenze für die Verwendung von Holz zu Telegraphenstangen, Leitungsmasten u. ä., ist überall da gegeben, wo die Benützung eines anderen Stoffes billiger ist, und zwar je nach den obwaltenden Verhältnissen billiger in der Anschaffung, in der Unterhaltung oder für eine ein- bis mehrmalige Wiederverwendung. Der erste Fall, daß die Anschaffung von Holzstangen teurer wird, als die von Masten anderer Stoffe, wird selten eintreten. Holz ist im Verhältnis zu seiner Festigkeit der billigste und leichteste Baustoff, und damit derjenige, der die geringsten Transportkosten verursacht. In Frage kämen nur Gegenden, in denen Holz nicht vorhanden ist oder ein Überfluß an anderem Material besteht, z. B. an alten Eisenbahnschienen. Bei der anerkannten Unschönheit solcher Leitungsstangen sei erwähnt, daß auch Deutsch-Südwest-Afrika eine Reihe von Telegraphenlinien-Gestängen aus U-Eisen und ausgesonderten Eisenbahnschienen aufzuweisen hat, da während des Krieges, der den Bau nötig machte, kein Holz zu haben war. In Australien genießt man bei vielen Telegraphenlinien einen ähnlichen Anblick. Ausgesonderte und infolge des Mangels an Eisenwerken ganz unbrauchbare und wertlose Schienen von Straßen- und Eisenbahnen sind dort viel zu Telegraphenstangen verwendet worden.

Anders liegt die Beurteilung, wenn neben den Kosten der Anschaffung die Unterhaltung bei den einzelnen Baustoffen gegeneinander abzuwägen bleibt. Beim Eisen und dem Eisenbeton kommen nun nicht nur einfache Walzprofile (U, T und I) und Rohre (Mannesmann & Siemens), sondern auch aus Walzprofilen zusammengesetzte, genietete Masten und genietete Blechrohre in Betracht (z. B. Mannesmannrohre in der Türkei, Ostafrika, Bolivia; zusammengesetzte Masten im Kongostaat, genietete Blechrohre in Indien).

Während nun eine nennenswerte Unterhaltung hölzerner Stangen kaum in Frage kommt, bedürfen eiserne Tragemasten einer dauernden Aufsicht und von Zeit zu Zeit einer Erneuerung des Anstriches gegen Rostgefahr. Die schon früher errechneten Kosten eines Stangenjahres sind auch hier für die Entscheidung maßgebend. Wenn K die Anschaffungskosten, U die Unterhaltungskosten und Z die durchschnittliche Lebensdauer der betreffenden Stangenart in der Linie bezeichnen, betragen diese Kosten $\frac{K + U}{Z}$. Bezeichnen wir mit dem Anzeiger h oder e den Baustoff, so sind die Kosten für beide Baustoffe gleich, wenn $\frac{K_h + U_h}{Z_h} = \frac{K_e + U_e}{Z_e}$ wird. Hierin sind die Unterhaltungskosten U_h des Holzes gleich Null. Das Verhältnis der Dauer des Holzes zu der des anderen Baustoffs, ist gewöhnlich bekannt oder kann geschätzt worden, ebenso das Verhältnis $K_e : K_h$, so daß wir erhalten $\frac{Z_e}{Z_h} . K_h = K_e + U_e$. Setzt man beispielsweise für die Lebensdauer von Holzstangen $Z_h = 13{,}4$

Jahre und $Z_e = 40.2$ Jahre, also $\frac{Z_e}{Z_h} = 3$; $K_e = 3\ K_h$, so erhält man $U_e = 0$; das heißt, bei den angenommenen Preisverhältnissen darf ein Eisenmast keine Unterhaltungskosten verursachen, wenn er mit dem Holzmast in Wettbewerb treten will. Wir müssen es uns versagen, an dieser Stelle über die Brauchbarkeit von Eisen und Eisenbetonmasten ein Urteil abzugeben, um so mehr als seitens der Deutschen Reichspostverwaltung Versuche mit Eisenbetonmasten in nennenswertem Umfange nicht gemacht worden sind, also kein unanfechtbares Material vorliegt.

Auf einen Punkt bleibt aber noch hinzuweisen, der die leichte Wiederverwendbarkeit einer zu versetzenden Stange betrifft. Die Erfahrung hat gelehrt, daß eine Telegraphen- oder Starkstromleitungslinie nur eine beschränkte Anzahl von Jahren in ihren anfänglichen Standorten verbleibt; es ändern sich sowohl Zahl und Gewicht der Drähte, der Zu- und Ableitungen, der Höhenlage, wie vor allem die örtliche Lage selbst. Und diese Unsicherheit des Leitungsbestandes weist auf einen der großen Vorzüge des Holzpfahles gegenüber den Eisen-, vornehmlich aber den Eisenbetongittermasten hin, die Möglichkeit, den an einer Stelle überflüssig gewordenen Pfahl aus dem Boden herauszunehmen, ihn infolge seines geringen Gewichts verhältnismäßig billig zu sofortiger Wiederverwendung fortschaffen zu können oder aber endlich ihn ohne große Umstände auf Lager nehmen zu können. Ein Transport eiserner Stangen ist auch noch verhältnismäßig einfach möglich, bei Eisenbetonmasten ein solcher dagegen nahezu ausgeschlossen, da Eisenbeton sich nur für ruhende Belastung eignet, aber den Stößen und der wenig sanften Behandlung beim Auf- und Abladen nicht gewachsen ist. Ein Lagernlassen von eisernen Stangen oder Masten hat aber den Nachteil, daß sie von Zeit zu Zeit nachgesehen werden müssen und dies um so sorgfältiger als bei liegenden Eisenkonstruktionen sich Wassersäcke bilden, die ein Rosten des Eisens befördern. Bei dem großen Gewicht von Eisen und Eisenbeton aber gestaltet sich der Transport schwierig und teuer; dazu kommt häufig die Notwendigkeit den Baugrund des Lagerplatzes für eine sachgemäße Lagerung künstlich befestigen zu müssen.

VI. Fußschutz für Masten und Telegraphenstangen.

Von Dr.-ing. **Friedrich Moll**-Berlin-Südende.

Meist fangen Maste an der Grenze zwischen „Tag- und Nachtschicht" zu faulen an. Je schwächer die Imprägnierung ist, desto auffälliger ist in der Regel diese Erscheinung. So ist sie für nach dem Boucherieverfahren mit Kupfervitriol getränkte Stangen geradezu charakteristisch. Der stete Wechsel zwischen Feuchtigkeit und Trockenheit in der obersten Erdschicht schafft für das Gedeihen der holzzerstörenden Pilze sehr günstige Bedingungen und wenn der Boden einmal mit dem Myzel derselben durchzogen ist, so gehen, wie Berichte aus Österreich und Frankreich zeigen, die Stangen oft schon nach 2—3 Jahren zugrunde. Wo angängig, hat man dann den unteren zerstörten Teil abgeschnitten und die Stangen

zu Streben oder in Nebenlinien noch einmal eingebaut. Doch gehen hierbei immer die Kosten für die Umwechslung verloren, und oft genug werden diese nicht einmal durch eine entsprechend lange neue Verwendungszeit ausgeglichen. Bei den in rohem Zustande eingebauten Lärchen des österreichischen Liniennetzes erlaubte der sehr widerstandsfähige Kern häufig, daß man nur den verfaulten Splint entfernte und die Stangen dann ohne weitere Maßnahmen in der Linie beließ. Ein solches abgekürztes Verfahren hat sicher seine große Berechtigung überall dort, wo Hölzer von hochgradiger Dauerhaftigkeit verfügbar sind und vorausgesetzt, daß bei genügender Beseitigung der infizierten Stellen die Festigkeit nicht zu sehr beeinträchtigt wird. In Nordamerika hat man mit den Zedernmasten ein ähnliches Verfahren eingeschlagen. Man stutzt den Mast ab, gräbt die Erde so weit wie nötig auf, entfernt die verfaulten Teile und treibt dann beiderseits zugespitzte Eisenstangen mit dem einen Ende in den unteren Teil und mit dem anderen Ende in den oberen Teil des Mastes ein, um so die verschwächte Stelle zu versteifen. Außerdem wird die Stelle dann noch mit Zementmörtel ausgefüllt. Wenn der Mast ganz durchgefault ist, so wird in derselben Weise verfahren, nur daß das untere Ende entfernt und die Betonfüllung zu einem vollständigen Fußklotz ausgebildet wird.

Auch als Vorbeugungsmaßregel sind solche besonderen Fußbekleidungen schon lange gebräuchlich. Eine der neuesten, die bei der Kgl. württembergischen Telegraphenverwaltung benutzt wird, wurde von dem Erfinder dieses Verfahrens, Oberbaurat Ritter, auf dem Telegraphenkongreß 1910 zu Paris eingehend beschrieben. Der aus Eisenbeton in verschiedenen Größen gefertigte Sockel besteht aus vier Teilen, die an der Baustelle zusammengesetzt werden. Die Kosten sind nach Angabe des Erfinders doppelt so große wie kyanisierte Maste. Nach den Erfahrungen mit Masten, die auf Brücken und im Felsen stehen, glaubt er allerdings auch die Lebensdauer der Masten in diesen Füßen auf die doppelte schätzen zu können. Im Jahre 1910 waren in Württemberg 540 derartige Sockel eingebaut. Die Zukunft muß lehren, wie weit sich die Hoffnungen mit der Erfahrung decken.

Ähnliche Konstruktionen sind die Zementfüße von Kastner und Lövitt. Billiger und einfacher wird derselbe Zweck durch Beschläge mit Blech zu erreichen gesucht. Himmelsbach und andere nehmen einen Überzug von Teer oder Asphalt mit Beimischung von Kalk oder Zement. Zur Bekleidung ganzer Pfähle ist diese Mischung schon seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts bekannt. Ihre Anwendung nur auf den unteren Teil von Masten ist also keineswegs etwas Neues, und auch die Verwendung von Magnesiazement bietet gegenüber Kalk oder Portlandzement keinen besonderen Vorteil. Die Hauptsache ist, daß der Überzug elastisch bleibt und beim Transport oder Einbau oder später durch Erschütterungen nicht abspringt.

In Deutschland und Österreich wird bei den nach Boucherie und Kyan imprägnierten Masten das Stammende vor dem Einbau mit Karbolineum gestrichen. Nach den Erfahrungen der österreichischen Verwaltung mit Karbolineum verschiedener Herkunft war ein besonderer Erfolg dieser Maßregel nicht festzustellen. Etwas günstigere Ergebnisse

wird vielleicht das in Frankreich (Bericht von Massin auf dem Telegraphenkongreß 1910) mitgeteilte Verfahren haben, das im übrigen auch in Amerika vielfach gebräuchlich ist, dort allerdings ohne vorausgehende Imprägnierung. Die in der gewöhnlichen Weise nach Boucherie getränkten Stangen werden nach dem Trocknen mit dem Stammende für einige Minuten in ein heißes Bad von „Injektol" getaucht. Das Injektol, ein nicht näher bezeichneter Kohlenwasserstoff (Teerdestillat) ist sehr leichtflüssig. Es ist daher abzuwarten, ob es imstande sein wird, einen längerdauernden Einfluß auszuüben. Die Kosten waren bei bloßem Anstrich mit dem Stoff 8 Franks für das Kubikmeter, ein Preis, der für eine solche Zusatzbehandlung reichlich hoch ist.

Dem Mangel, daß die bloßen Bekleidungen mit Zement oder Blech keine antiseptische Wirkung ausüben können, und daß die Anstriche zu schnell wieder ihre Wirksamkeit verlieren, suchte man endlich durch eine Vereinigung beider zu begegnen. Man setzte die Stangen mit dem Fuß in Röhren aus irgendwelchen geeigneten undurchdringlichen Stoffen, wie Ton, Eisen oder Blech, oder man brachte besonders geformte Manschetten aus Asphalt oder Beton an der gefährdeten Zone an (Folsom) und füllte dann den Raum zwischen Holz und Hülle mit einem passenden Antiseptikum, meist Teer oder Teeröl, an. Ein Nachteil dieses Systems ist, daß die Maste die feste Lagerung im Boden zum Teil entbehren müssen. Die Möglichkeit, das Antiseptikum ständig wieder erneuern zu können, ist dagegen sicher für die Dauer des Mastes von großer Bedeutung.

Richtig und sorgfältig hergestellt, bilden die im vorstehenden kurz beschriebenen Verfahren wirkungsvolle Mittel zur Verlängerung der Lebensdauer von Masten. Sie würden zweifellos auch größere Beachtung finden, wenn nicht die Kosten bei allen sehr hoch wären. Wo es sich um die Verstärkung des Schutzes von schon auf irgendwelche Weise imprägnierten Masten handelt, muß man sich allerdings fragen, ob es nicht besser ist, gleich zu einer verbesserten Imprägnierung zu greifen. Das gilt vor allem von den Boucheriestangen. Auf der Pariser Konferenz wurde nicht mit Unrecht gefragt, warum die Verwaltung denn an Stelle des Doppelverfahrens nicht lieber dazu überginge, die Maste gleich im Zylinder auf einmal ganz mit Teeröl oder einem anderen stärkeren Schutzmittel zu imprägnieren. Wenn die Kosten für die Boucherietränkung 10 Franks auf den Kubikmeter betragen, die Nachbehandlung 8 Franks kostet, so ist doch sicher die Imprägnierung unter Druck vorzuziehen, die wohl höchstens 15 Franks pro Kubikmeter kosten würde.

C. Grubenbau.

Von Direktor **K. H. Wolman**-Berlin.

I. Vorbemerkungen.

Unter den holzverbrauchenden Industriezweigen steht der Bergbau in erster Reihe. Der Grubenbau, die bergmännische Herstellung, der Ausbau und die sichere Erhaltung der Schächte und Stollen der verschie-

densten Profile bedürfen einer Auszimmerung und Verkleidung in Holz. Obwohl nun bei den bergbaulichen Gewinnungsbetrieben mineralischer Rohstoffe und Brennstoffe das Holz infolge mannigfaltiger Ursachen besonders schnell verfault und unbrauchbar wird, hat sich der Bergbau später als jeder andere Industriezweig zu Maßnahmen entschlossen, die diesem Fäulnisprozeß entgegenwirken und auf eine Erhöhung der Lebensdauer der Hölzer hinwirken sollen.

Die spärliche Literatur über die Konservierung von Grubenhölzern läßt erkennen, daß bis zum Jahre 1900 systematische Arbeiten mit dem Ziel der Einführung einer sachgemäßen Imprägnierung in den Bergbau unbekannt waren. Wo etwas geschah, beschränkte man sich darauf, das Grubenholz entweder in Kochsalzlauge oder Metallsalzlösungen [1]) von zweifelhafter antiseptischer Wirkung einzutauchen oder es mit Teer und Teerprodukten [2]) anzustreichen. Die Ergebnisse dieser Versuche waren unbefriedigende und von Erfolgen nicht begleitet. Selten wurden die auch nur geringen Kosten des Verfahrens durch entsprechende Verlängerung der Standdauer ausgeglichen.

In Bezug auf seine Wirksamkeit hob sich von jenen älteren Verfahren nur die Behandlung mit Kreosotnatron vorteilhaft ab, die sich schon in einer Zeit vorfindet, in der man im Bergbau sonst noch nicht an künstlichen Schutz des Holzes dachte. Das scheint auf den ersten Blick sonderbar, um so sonderbarer, als das Kreosotnatron sonst nirgends benutzt worden ist. Nun wird im Gegensatz zu den Steinkohlengruben auf den Braunkohlenwerken das gewonnene Gut meist selbständig auf Paraffin weiter verarbeitet. Bei der Raffination entsteht als ein sehr lästiges Nebenprodukt das Kresosotnatron, welches vielfach unter den Kesseln verfeuert wurde, weil die offene Abführung von den Aufsichtsbehörden nicht gestattet war. Nun hat auch diese Verfeuerung wegen des hohen Natrongehaltes des Öles seine Bedenken. Es liegt mithin die eigenartige Tatsache vor, daß man nicht so sehr zur Holzkonservierung

[1]) 1831. Bréant, Vortrag über Holzkonservierung. (Franklins Journal 1831.)
1837. Dr. Granille, Mutterlaugen für Salinen, nach Payen; Mémoiresur la conservation du bois.
1840. Bulletin de la Société d'encouragement, Direktor der Bergwerke zu Dieuze: Vortrag der Holzkonservierung mit Mutterlaugen.
1844. Schultz: Neues Verfahren das Holz zu konservieren.
1853. Zeitschrift des Österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins. Bischoff: Über die Konservierung der Hölzer.
1881. Österr. Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen: Vergleichsversuche mit Eisenvitriol.
1894. Berg- und Hüttenmänn. Ztg. Grube Hainichenberg bei Langenbogen bohrt die Stempel an und füllt das Loch mit Kupfervitriol.
1896. Berg- und Hüttenmänn. Ztg., Aitken: Kochende Lösung von Kochsalz und Chlormagnesium (1 : 7).

[2]) 1853. Payen: Denkschrift über die Erhaltung der Hölzer (Boucherieverfahren für Bergwerkszwecke).
1879. Berg- und Hüttenmännische Zeitung: Imprägnierung mit Kreosot.
1884. Berg- und Hüttenmänn. Ztg. Grube Maria bei Köngen — heißen Teer, Grube Langerberg, Lösung von Eisenvitriol.
1891. Berg- und Hüttenmänn. Ztg. S. 85, Grube Altenwald bei Saarbrücken, Vergleichende Versuche mit Anstrichen von Kalk und Teer.

schritt, um das Holz zu verbessern, als um sich eines lästigen Abfallproduktes auf billigste Weise zu entledigen.

Bis um das Jahr 1900 werden zur Lebensverlängerung der Grubenhölzer nur gelegentlich ohne systematischen Zusammenhang Vorschläge gemacht und Imprägnieranlagen ausgeführt. Es ist zwar zweifellos auf Gruben häufiger imprägniert worden, als es nach der überkommenen Literatur den Anschein hat; aber es geht deutlich aus ihr hervor, daß der Tränkung der Hölzer eine allgemeine Bedeutung für den Bergbau nicht zuerkannt wurde. Erst von etwa 1900 ab beginnt sich langsam die Anschauung Bahn zu brechen, daß, wie bei der Telegraphenverwaltung und bei den Eisenbahnen, auch beim Bergbau wirtschaftliche Gründe eine Konservierung des Holzes gebieterisch fordern. Die Errichtung von Anstalten und Untersuchungen über verschiedene mit der Imprägnierung von Grubenholz zusammenhängende Fragen mehrten sich nun in einem Grade, welcher ihre chronologische Verfolgung sehr erschwert. Welche Ergebnisse und Lehren die Imprägnierung der letzten 12 Jahre für den Bergbau gebracht hat, soll nachstehend im Zusammenhange dargestellt werden.

II. Begriff, Zweck, bauliche Anordnung der Grubenhölzer.

Zuerst soll festgestellt werden, was unter Grubenholz zu verstehen sei. Im engeren Sinne versteht man darunter alles das Holz, welches zum Grubenausbau, und zwar zur Sicherung, Absteifung und Bekleidung der senkrecht abzuteufenden Schächte oder der horizontal verlaufenden Strecken [1]) der verschiedenen Querschnittsgrößen (Abbauorte, Querschläge, geneigte Bremsberge) dient. Es ist vor allem das Holz zu den Stempeln und Kappen, den Grundschwellen, Türstöcken und Streben, sodann die Schwarten, Bretter, Knüppel oder Stangenabschnitte (letztere auch Spitzen genannt), welche zum Schutz des Hangenden zwischen den Unterzügen eingebaut werden. Dieses Holz soll die Schächte und die Grubenstrecken offen halten, vor Zusammenbruch sichern und die Gewinnung der Bodenschätze ermöglichen helfen. Zum Grubenholz im engeren Sinne treten die Schwellen der Grubenbahnen. Im weiteren Sinne kann man all das Holz einbegreifen, das auf den Zechen sonst noch unter und über Tage verwandt wird, z. B. bei der Auszimmerung der Schächte für die Schachttürme, für Lagerschuppen, Kühltürme, Separationen, Wäschegleise usw. Im Gegensatz zur Anschauung mancher Waldbesitzer und Holzhändler ist also Grubenholz durchaus nicht nur

[1]) Solche horizontal verlaufenden unterirdischen Hohlstrecken sind auch die Straßen- und Eisenbahntunnel, deren Herstellung die provisorische Auszimmerung von Schächten, von First- und Sohlenstollen, sowie des Tunnelvollausbruches vor und während der Ausmauerung in ähnlicher Weise benötigt, wie die bergbaulichen Betriebs- und Förderwege.

Die Holzverwendung in der Tunnelauszimmerung ist jedoch im nachfolgenden nicht behandelt, da bei dem „provisorischen Charakter dieser Holzeinbauten" eine auf Erhöhung der Lebensdauer abzielende Tränkung in den meisten Fällen nicht wirtschaftlich erscheint.

das Holz, das anderwärts nicht mehr zu gebrauchen ist, dasselbe setzt sich vielmehr aus den verschiedensten Klassen und Abmessungen zusammen.

Der Grubenausbau hat zwei Hauptaufgaben zu erfüllen: Das zuverlässige Offenhalten der Grubenräume und den Schutz der Arbeiter gegen Stein- und Kohlenfall.

Entgegen weit verbreiteten Anschauungen ist der Stein- und Kohlenfall die größere Gefahrenquelle im Steinkohlenbergbau und fordert vielmehr Opfer an Menschenleben, als Schlagwetter- und Kohlenstaubexplosionen. Wurden doch im unterirdischen Betrieb im Durchschnitt der Jahre 1896—1910 nicht weniger als 41,25% der entschädigungspflichtigen und 42,32% der tödlichen Unfälle durch ihn herbeigeführt.

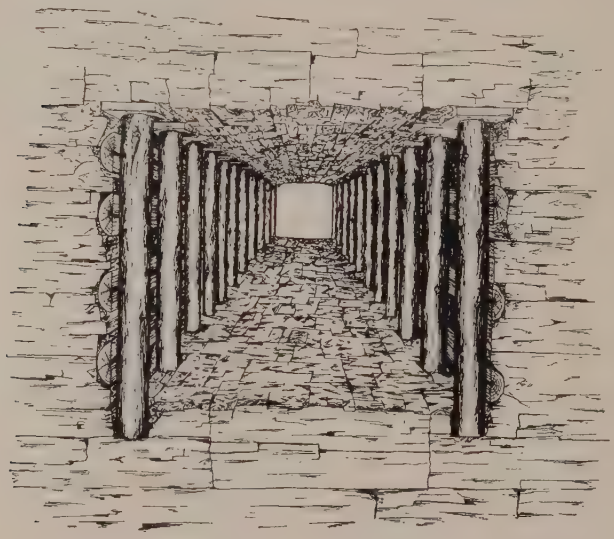


Abb. 187. Stempelausbau in Strecken bei festem Liegenden.

Nun kann auch die sorgfältigste Zimmerung der Grubenbaue den Stein- und Kohlenfall nie vollständig verhüten; um aber diese wichtigste Gefahrenquelle auf das geringste Maß zu beschränken, hat man ihr ganz besondere Aufmerksamkeit zugewandt.

Dies gilt im Grubenausbau besonders da, wo Stollen längere Zeit offen bleiben müssen, also in erster Reihe bei Förderstrecken in stärkeren Flözen und vor allen Dingen bei sog. Wetterstrecken.

Bei der Zimmerung selbst unterscheidet man den starren und den nachgiebigen Ausbau. Des letzteren bedient man sich da, wo der Gebirgsdruck zu einer langsamen Verschiebung größerer Gebirgsmassen führt, weil hier der starre Ausbau auch bei kräftigster Ausführung den auftretenden gewaltigen Kräften nicht dauernd standzuhalten vermag;

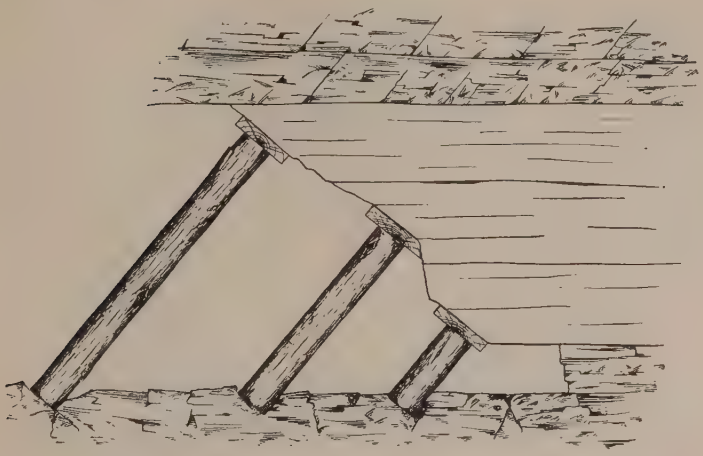


Abb. 188. Strebestempel zur Abstützung überhängender Kohlenstöße.

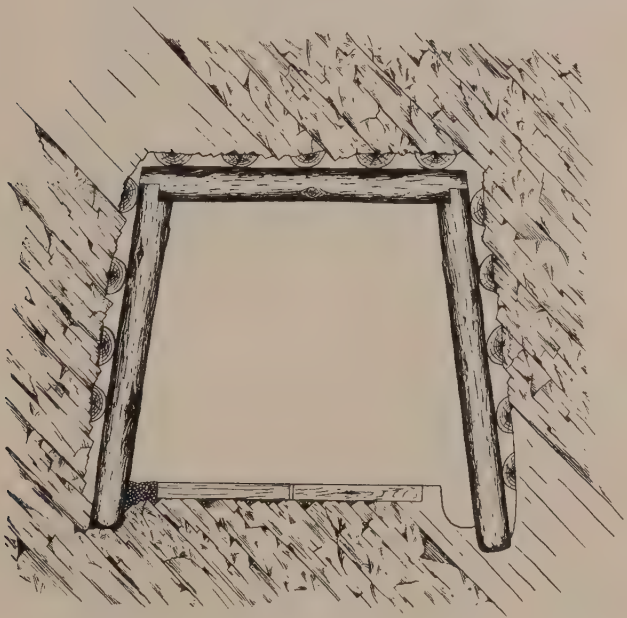


Abb. 189. Deutscher Türstock mit schrägen Beinen.

der nachgiebige Ausbau macht dem gegenüber bis zu einem gewissen Grade die Gebirgsbewegungen mit. (Abb. 192.)

Im Holzausbau selbst unterscheidet man den einfachen oder Stempelausbau und den zusammengesetzten Holzausbau. (Abb. 191.) Der Stempelausbau ist einer dreifachen Beanspruchung, der Zerdrückung, Zerknickung und Biegung ausgesetzt. Auf Zerdrückung bzw. Zerknickung werden die Stempel dann beansprucht (Abb. 187), wenn sie nur eine über ihnen befindliche Last, z. B. das Hangende im Abbau, tragen. (Abb. 188.) Eine Inanspruchnahme der Stempel auf Biegung findet dagegen stets da statt, wo sie quer zur Längsrichtung eingebaut sind (Abb. 189 u. 190)

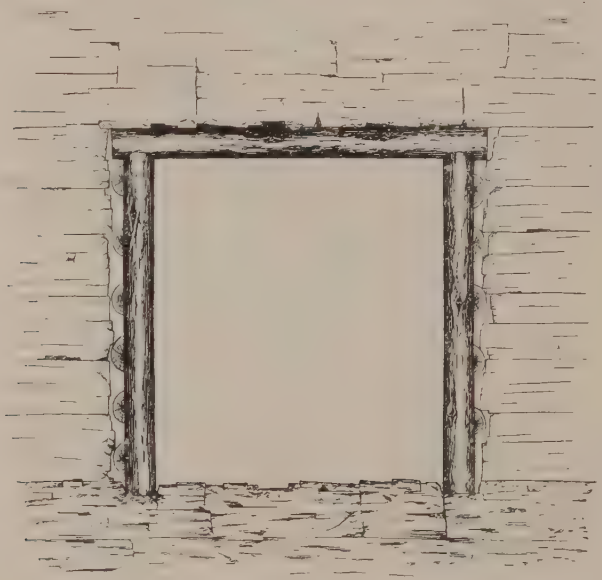


Abb. 190. Polnischer Türstock mit Kopfspreize.

und zur Zurückhaltung lockerer Stöße, hereinbrechender rolliger Massen oder zum Abfangen von Schweben, von Bergversatz und dgl. verwendet werden, sei es, daß sie diesen Druck unmittelbar aufnehmen oder daß er durch Verzug auf sie übertragen wird.

Über die gewaltigen Wirkungen der Gebirgsdrücke auf den Grubenausbau stellen Heise und Herbst folgende Berechnungen an:

„Die Rechnung ergibt für Fichtenholzstempel von z. B. 2 m Länge bei je 1 m Abstand, von denen also jeder eine Fläche von 1 qm zu tragen haben würde, daß schon eine Gesteinschale von 30 m Dicke (bei einem spezifischen Gewicht des Gesteins von 2,5) jeden Stempel mit 30 cbm Gestein, d. h. $30\,000 \times 2{,}5 = 75\,000$ kg belasten würde, während nach

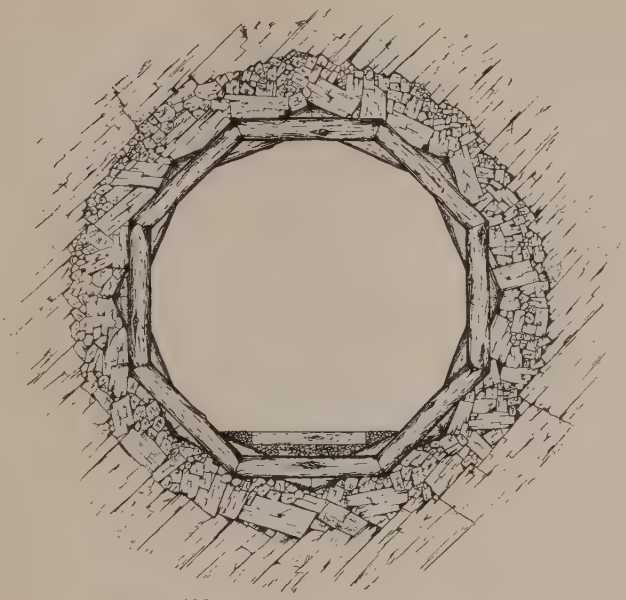


Abb. 191. Polygonzimmerung.

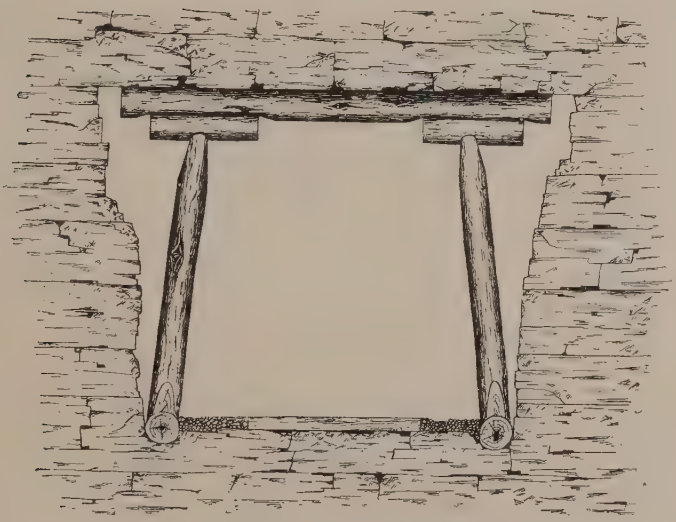


Abb. 192. Nachgiebiger Türstock mit Quetschhölzern.

verschiedenen Versuchen ein solcher Stempel bei 150 mm Durchmesser höchstens 50 000 kg tragen kann."

Diese Überlegung zeigt, daß kein Grubenausbau, auch nicht der mit Beton, Stein und Eisen, imstande ist, dem Gebirgsdruck in seiner vollen Größe Rechnung zu tragen. Lockert sich das überstehende Gebirge und geraten die Gesteinmassen in Bewegung, so wird doch jeder Streckenausbau zu Bruche gehen. Handelt es sich jedoch nur um ein sehr allmähliches Steigen des Gebirgsdruckes, so kann ein sachgemäßer hölzerner Stempelausbau diese Bewegung in beträchtlichem Maße infolge seiner Nachgiebigkeit mitmachen (Abb. 192).

III. Die Anforderungen an den Baustoff der Grubenhölzer.

Die konstruktive Durchbildung des Ausbaues ist hiernach nicht das Wesentlichste; es kommt in erster Linie auf die Verwendung eines, den verschiedenen Anforderungen sich gut anpassenden Baustoffs an. Eisen ist als Bauelement zu starr und an Ort und Stelle zu schwer zu bearbeiten, nachgiebiges Mauerwerk dagegen, wie man es in letzter Zeit auszuführen gelernt hat, und auch Eisenbeton, sind für den Streckenausbau sehr kostspielig. Das Holz vereinigt demgegenüber große Elastizität mit geringem Gewicht, verhältnismäßig niedrigen Preis mit bequemer Verwendungsmöglichkeit. In Oberschlesien ging man, nachdem jahrelang ganze Strecken in Eisen und Mauerwerk gesetzt worden waren, nach Einführung der Grubenholzimprägnierung mit gutem wirtschaftlichen Erfolg wieder zum Holzausbau über.

Über die Holzarten, welche am besten zu Grubenhölzern geeignet erscheinen, können für alle Fälle gültige Regeln nicht aufgestellt werden, weil Dauerhaftigkeit des Holzes durchaus nicht immer das Entscheidende ist. Je intensiver der Abbau einer Grube betrieben wird, desto kürzer ist die Betriebsdauer einer Abbaustelle; es kann vorkommen, daß sie schon wenige Tage oder Wochen nach der Anlage wieder verlassen und versetzt wird. Das sind dann Ausnahmen, die nur darauf hinweisen sollen, daß man der Dauerhaftigkeit des Holzes gegenüber andere Anforderungen, wie leichtes Gewicht, Billigkeit und vor allem die Warnfähigkeit [1]) nicht vernachlässigen darf. – In früheren Zeiten galt das Eichenholz für das beste Grubenholz, aber mit dem stetigen Anziehen seines Preises trat es immer mehr hinter dem Nadelholz zurück, so daß heute in Deutschland Eiche nur etwa 1 % des Grubenholzes ausmacht. Die ersten großen Vergleichsversuche mit Nadelholz mögen wohl im Jahre 1876 gemacht worden sein, als infolge ungeheurer Windbrüche in Deutschland große Mengen davon auf dem Markt lagen, für die ein schnelles Absatzgebiet geschaffen werden mußte. Damals zeigte es sich, daß das leichte, gerade Nadelholz an Tragfähigkeit um so weniger hinter den sehr schweren und bedeutend teureren Eichenstempeln zurücksteht, als die größere Dauer der letzteren in vielen Fällen nicht voll ausgenutzt werden kann.

[1]) Warnfähigkeit ist die Eigenschaft des Holzes, bei einer Überanspruchung des Druckes durch Knacken und Knistern den bevorstehenden Bruch anzukündigen.

Rotbuchenholz wurde früher in der Nähe seiner Erzeugungsstellen auch zu Grubenstempeln benutzt. Seine Verwendung ist ebenfalls stark zurückgegangen und dürfte kaum noch 2% ausmachen. Es ist zwar billiger als Eiche, trotzdem die starke Nachfrage in den letzten Jahren auch seinen Preis beträchtlich (in drei Jahren allein um 100%) erhöht hat. Doch fault das Rotbuchenholz am schnellsten von allen heimischen Hölzern, so daß es nur in trockenen Gruben längere Betriebsdauer verspricht; sein Gewicht ist größer als das des Eichenholzes. Akazie und Lärche werden dort, wo sie billig zu haben sind (Lärche besonders in den österreichischen Alpenländern) mit gutem Erfolge eingebaut. Die Hauptmenge unseres Grubenholzes wird heute jedoch von den Nadelhölzern, besonders von der Kiefer geliefert. Zwar ist die Fichte im Aussehen besser, gerader, auch leichter, aber wegen des großen Bedarfes der Papierschleifereien schwerer erhältlich. In trockenen Gruben hat das Kiefernholz ziemliche Dauer, seine Warnfähigkeit ist eine gute und vielleicht nur von der Fichte übertroffen.

Der Hauptfaktor der Haltbarkeit des hölzernen Grubenausbaues ist die Erhaltung der gesunden widerstandsfähigen Beschaffenheit des Holzes. Es kommt darauf an, diesem wertvollen Ausbaumaterial seine vorzüglichen physikalischen Eigenschaften, seine Elastizität und seine verhältnismäßig große Tragfähigkeit zu erhalten, weil, wie bemerkt, das Holz nirgendwo so sehr der Fäulnis ausgesetzt ist, als in der Grube.

Statistiken amerikanischer Gruben zeigen, daß fast 50% des Grubenholzes durch Fäulnis zugrunde gehen, 20% dagegen nur durch Bruch. Allerdings ist zu Grubenholz im engeren Sinne, des Preises halber, nur Holz von geringer Qualität verwendbar, welches bei der Aufarbeitung und Durchforstung ganzer Waldflächen gewonnen wird. Schwächere Stämme, sofern dieselben nicht noch als Telegraphenstangen etc. eine bessere Verwendung finden können, sowie die Zopfenden stärkerer Baumstämme, liefern einen großen Teil des Grubenholzes. — Ein anderer Teil wird aus den sog. Totalitätshölzern gewonnen, das sind auf dem Stamm durch Pilzinfektion oder Insektenfraß oder anderen Ursachen abgestorbene Hölzer. So ist es erklärlich, daß das Grubenholz meist aus jung gebildetem, also außerordentlich splintreichem Holz besteht, während der Anteil an ausgereiftem Kernholz, in dem lebende Organismen und leicht zersetzliche Stoffe nur in geringer Menge vorkommen, bei Grubenholz sehr gering ist. — Hierzu kommt, daß Grubenholz als geringwertiges Produkt der Forstwirtschaft meist eine weniger sorgfältige Behandlung erfährt. Seine Aufarbeitung erfolgt in der Regel erst nach vollendeter Bearbeitung der wertvolleren Teile der Stämme. Infolge des langen Liegens auf dem Waldboden ist es der Ansteckung in um so höherem Maße ausgesetzt, als es durch seinen großen Splintanteil (Abb. 193) einen weitaus besseren Nährboden für die Holzzerstörer bildet, als ausgereiftes Kernholz. Im Splintholz findet sich Zellsaft und Stärke, Stoffe, welche der Entwicklung der Holzzerstörer besonders förderlich sind, während die Umwandlung des Splintholzes in Kernholz eben dadurch gekennzeichnet ist, daß sich das Holz hierbei mit besonderen harzartigen Stoffen, den „Kernstoffen"

durchtränkt, welche die Aufgabe haben, das aus dem Lebenskreislauf ausgeschiedene Holz vor dem vorzeitigen Verfall zu schützen.

Man hat also bereits an der Erzeugungsstelle des Grubenholzes mit einer erheblichen Durchsetzung desselben durch Fäulniserreger zu rechnen. Es ist ferner zu berücksichtigen, daß unter Umständen bis zum Einbau des Holzes in die Grube noch eine lange Zeit vergehen kann, während welcher die Grubenhölzer bei oft ungeeigneter Lagerung den Witterungseinflüssen ausgesetzt bleiben. Die Hölzer trocknen daher nicht genügend aus und sind infolgedessen neuer Infektion ausgesetzt. Die in ihnen bereits vorhandenen Fäulniserreger entwickeln sich weiter und greifen auf die gesunden Hölzer über. Daher ist z. B. stark verblautes Holz eine häufige Erscheinung auf den Holzplätzen der Kohlengruben.

Abb. 193. Mit Coniophora cerebella bewachsener Holzwürfel. (Infiziertes Splintholz.)

Aus dem Gesagten geht hervor, daß es praktisch unmöglich ist, den Verbau von infizierten Stempeln in der Grube zu vermeiden. In der Grube aber finden die eingeschleppten Fäulniserreger die günstigsten Bedingungen zu ihrer weiteren Entwicklung und Fortpflanzung. Die hier herrschende Feuchtigkeit und Wärme bewirkt eine schnelle Vermehrung der Fäulniserreger, so daß bereits nach kurzer Zeit Fruchtkörperbildung eintritt. Ungezählte Mengen Sporen werden gebildet und durch den infolge der Bewetterung in Grubenstrecken herrschenden Luftzug durch die ganze Grube verweht. Sobald die Sporen auf andere Hölzer gelangt sind und sich hier eingenistet haben, keimen sie aus und entwickeln sich überaus rasch. So schafft in kurzer Zeit der eine kranke Stempel hunderte von neuen Infektionsquellen für die Nachbarschaft. In ausziehenden Wetterstrecken, in denen eine gleichbleibende Temperatur von etwa 25° C und eine mit Wasserdampf fast gesättigte Luft herrscht, werden die verbauten Stempel oft schon nach 6 Monaten völlig durch Fäulnis zerstört. — Natürlich mußten solche Tatsachen die Aufmerksamkeit der Imprägniertechniker in besonderem Maße auf die Konservierung des Grubenholzes lenken und ist es den Bestrebungen derselben gelungen,

gerade auch an diesen Orten die Lebensdauer des Holzes durch gute Konservierung um ein Vielfaches zu verlängern. Ausweislich der Versuchsergebnisse von staatlichen und privaten Grubenverwaltungen Schlesiens zeigten sachgemäß imprägnierte Grubenhölzer nach achtjähriger Standdauer im ausziehenden Wetterstrom unverminderte Festigkeit.

IV. Der Verbrauch an Grubenhölzern.

Über die gewaltige Höhe des Verbrauches von Grubenholz liegen nur wenige genauere Aufzeichnungen vor, die hier in kurzem Auszuge wiedergegeben werden sollen.

1. Gesamtbedarf.

Forstrat Eulefeld berechnet den Gesamtbedarf auf Grund des Nachweises einer größeren Zahl einzelner Zechen[1]). Nach ihm werden im westdeutschen Kohlengebiete für jede Tonne geförderte Kohle etwa 0,04 bis 0,05 fm Grubenholz benötigt; im schlesischen Grubengebiet dagegen berechnet sich die Holzmenge infolge der größeren Mächtigkeit der Kohlenflöze pro Tonne Kohle auf nur 0,03 fm. Die Braunkohlengruben brauchen nur den vierten Teil des Holzes, also 0,01 fm pro Tonne, da hier große Kohlenmengen im Tagebau gewonnen werden. Nun wurden im Deutschen Reiche im Jahre 1912 rund 177 Millionen Tonnen Steinkohle und 74 Millionen Tonnen Braunkohle gewonnen. Wenn man die Eulefeldschen Einheitszahlen auf diese Förderung anwendet, so erhält man 6,5 Millionen fm Grubenholz, d. h. den fünften Teil der Nutzholzausbeute aus allen Wäldern des Deutschen Reiches, zu dem noch der allerdings geringe Bedarf der Erz- und Kaligruben kommt.

Forstassessor Dreyer berechnet auf Grund von Nachfragen, welche sich auf Zechen aus allen Teilen des Deutschen Reiches erstrecken, den Grubenholzbedarf für das Jahr 1912 auf 5 848 000 fm, Dankelmann (Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen) auf 5 526 000 fm, Schilling (im „Holzmarkt" 6. Dezember 1913) auf 5 718 000 fm. Wie man sieht, kommen diese Zahlen einander ziemlich nahe. — Es möge noch erwähnt werden, daß nach Dreyer auf 100 000 Tonnen Förderung bei den Steinkohlengruben 29 fm, bei den Braunkohlengruben 9,5 fm (bei dem Braunkohlen-Tiefbau allein 21 fm) und im Erzbergbau 5,6—19,5, im Mittel 12,5 fm, kommen. Wenn man die Dreyerschen Einheitswerte auf die Förderung des Jahres 1912 anwendet, so erhält man für dieses Jahr einen Gesamtgrubenholzverbrauch von 6 300 000 fm. Das Grubenholz macht etwa den vierten Teil des in Deutschland überhaupt verbrauchten Holzes aus.

Weitaus den größten Teil dieses Holzes verwenden die Gruben zum Ausbau der Strecken. Für Österreich wurde der Verbrauch im Jahre 1905 angegeben auf 609 000 fm Rundholz, 650 000 fm Kantholz und 7 Millionen Schwarten, im Gesamtwerte von 15 Millionen Kronen.

[1]) 1912. Mitteilungen des deutschen Forstvereins Nr. 2 3. Eulefeld: „Das Grubenholz und der Grubenholzhandel".
1913. Der Holzmarkt. Schilling: „Über den Verbrauch von Grubenholz".

2. Abmessungen.

Für die Tränkungseinrichtung sind die Abmessungen der Grubenhölzer von Wichtigkeit. In früheren Zeiten, bis etwa gegen 1870, kam man mit einer geringen Anzahl von Stempeldimensionen aus. Die Längen wuchsen von 20 zu 20 cm und die Stärken um je 4 cm, aber je weiter der Verfrachtungsweg der Hölzer und je teurer ihr Preis wurde, desto mehr mußte darauf gesehen werden, mit den Abmessungen an der äußerst zulässigen Grenze zu bleiben. So haben wir heute nicht weniger als 200—300 Sorten Grubenholz und jede größere Zeche muß mit mindestens ca. 150 Sorten rechnen. Die Längen bleiben in den westlichen Revieren durchgehends unter 5 m, während in Schlesien Sparrenhölzer bis zu 16 m und Stempel bis zu 9 m Länge verzimmert werden.

Da die Zechen eine Imprägnierung in der Regel im eigenen Betriebe wünschen, so sind für die Abmessungen der Anlage auch die jährlich zu imprägnierenden Holzmengen maßgebend. Große Zechen verbrauchen bis zu 50 000 cbm Holz und mehr jährlich, die Bewältigung dieser Mengen aber erfordert bereits Imprägnierzylinder bedeutender Abmessungen.

V. Die Konservierung der Grubenhölzer.

Der Frage der Holzkonservierung widmeten die Zechen erst ein lebhafteres Interesse, als der Bedarf an Grubenholz und gleichzeitig der Grubenholzmarkt eine erhebliche Steigerung erfuhr, trotzdem die Wirtschaftlichkeit einer sachgemäßen Imprägnierung auch schon vorher außer Zweifel stand.

Für die Konservierung der Grubenhölzer erhielten die Zechen aus eigenen Kreisen, von der Imprägnierindustrie und von Erfindern nun so zahlreiche Anregungen und Vorschläge[1]), daß schon nach kurzer Zeit eine Musterkarte der verschiedensten Imprägnierverfahren zur Verfügung stand. Nur wenige dieser Vorschläge haben sich nach näherer Prüfung in der Praxis als geeignet erwiesen. Im Jahre 1904 nennt Bergassessor Wex im Oberbergamts-Bezirk Dortmund 16 Zechen, welche imprägnieren und weitere 25, welche Versuche gemacht haben. In Schlesien wurden von der Fürstl. Plessischen Verwaltung 1901 die ersten Versuche gemacht mit Mischung von Chlorzink und Teeröl (Rütgers). Um 1903 kam die Schlesische Grubenholz-Imprägnierung, G. m. b. H., „System Wolman", und sind heute über 50 nach diesem System imprägnierende Anstalten im Betrieb.

[1]) 1900. Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen. Dütting und Quast: „Untersuchungen über Grubenholz".
1897. Glückauf: Über Holz und Holzkonservierung.
1905. Berg- und Hüttenmänn. Rundschau, Heft 6. Wolman: „Fortschritte auf dem Gebiete des Holzschutzes".
1904. Glückauf. Wex: „Der Stand der Grubenholz-Imprägnierung auf den Zechen des Oberbergamtes Dortmund am Ende des Jahres 1903".
1908. Der Bergbau, Nr. 17. Kegel: „Untersuchungen über Grubenholz".
1904. Der Bergbau. Prätorius, Direktor der Rütgerswerke: „Über das Rütgersche Verfahren in Bergbau".
1904. Kohle und Erz. Entgegenung auf die Veröffentlichung von Prätorius.

Erst durch genaue Beobachtung der im Grubenbetrieb obwaltenden Umstände und auf diesen Beobachtungen fußenden sorgfältigen Arbeiten ist es gelungen, Verfahren ausfindig zu machen, die allen an ein sachgemäßes Grubenholz-Imprägnierverfahren zu stellenden Bedingungen genügen.

1. Anforderungen an eine sachgemäße Tränkung der Grubenhölzer[1]).

Die wichtigsten Anforderungen an die Grubenholzkonservierung lassen sich etwa in folgende Sätze zusammenfassen:

I. Ein zur Konservierung von Grubenhölzern dienendes Metallsalz muß im höchsten Grade fäulnisschützend sein, da unter den hohen Wärme- und Feuchtigkeitsgraden der Grube die holzzerstörenden Pilze viel gefährlicher sind als über Tage.

II. Durch Einführen größerer Salzmengen in das Holzinnere soll die Brennbarkeit des Holzes nach Möglichkeit herabgemindert werden. Da die später zu nennenden, antiseptisch wirksamen Salze für solche Massenverwendung zu teuer sind, so ist es zweckmäßig, das eigentliche Antiseptikum mit einem großen Überschuß anderer, wenn auch wenig konservierender Metallsalze zu mischen. So einfach das auf den ersten Blick erscheint, so bietet die richtige Zusammensetzung der Mischung doch erhebliche Schwierigkeiten. Der bequemeren Handhabung wegen ist es zweckmäßig, wenn sich das Salzgemisch zu Briketts verpressen läßt. Vor allen Dingen ist aber die Auswahl des Mischmaterials vom Preise abhängig. Es kommen hierfür nun die allerbilligsten und in großen Quantitäten zu beschaffenden Metallsalze in Frage.

III. Das führt zu einem der wichtigsten Punkte der Grubenholz-Imprägnierung, der Preisfrage. Das kunstvollste Imprägnierverfahren wäre wertlos, wenn nicht die Imprägnierkosten in voller Höhe und noch mit erheblichen Ersparnissen in Gestalt der verlängerten Lebensdauer des Holzes zurückerstattet würden.

IV. Ferner muß man bei der Auswahl der für Grubenholz-Konservierungszwecke verwandten Metallsalze darauf achten, daß durch die Imprägnierung weder die Holzfaser noch die eisernen Kesselwandungen und die in dem Holz anzubringenden Eisenteile angegriffen werden.

So offensichtlich auch die Tatsache ist, daß ein Außerachtlassen eines der eben angeführten Erfordernisse die Brauchbarkeit eines Tränkverfahrens ausschließt, so hat doch die tatsächliche Außerachtlassung dieser Grundbedingungen hemmend auf die Entwicklung der Grubenholz-Imprägnierung eingewirkt. — Auch heute noch werden hier und da Verfahren zur Konservierung von Grubenhölzern angeboten, in denen die genannten Erfordernisse vernachlässigt sind.

[1]) 1908. Berg- und Hüttenmännische Rundschau. Pütz: „Über die Imprägnierung des Grubenholzes im allgemeinen und das Verfahren von Wolman im besonderen".
1913. Der Holzkäufer. Necke: „Grubenholzimprägnierung".

2. Ungenügende Tränkungsarten und Tränkungsmittel.

Auf dem Grubenholz-Imprägnierungsgebiet wurden die Studien besonders dadurch erschwert, daß man teilweise ganz neu anfangen mußte, da fast keines der auf anderen Holzkonservierungsgebieten angewandten und vorzüglich bewährten Verfahren hier passend erschien.

So mußte man beispielsweise von der Konservierung der Grubenhölzer mit Teeröl, welches für die Imprägnierung von Eisenbahnschwellen und Wasserbauhölzern so vortrefflich sich bewährt hat, gänzlich absehen, weil das Teeröl die Brennbarkeit der Hölzer erhöht und infolge seines durchdringenden Geruches in der Grube lästig und gesundheitsschädlich wirkt.

Bergassessor Stens[1]) faßt die Nachteile des Teeröles auf Grund seiner Erfahrungen als Direktor einer der großen Zechen Westfalens in folgende Sätze zusammen:

„Das Teeröl besitzt einen stechenden, unangenehmen Geruch. Viele Leute wollen dort, wo mit Teeröl imprägniertes Holz verbaut ist, nicht arbeiten. Ferner bedingt das Teeröl eine bedeutende Vergrößerung der Feuersgefahr. Wo Leute bei der Arbeit schwitzen, und das ist im Bergbau überall der Fall, da ruft das Öl sehr unangenehme Hauterkrankungen hervor."

Diese Ausführungen von Stens blieben zwar nicht unwidersprochen; der sachgemäß arbeitende Imprägniertechniker steht heute jedoch auf dem Standpunkt, daß zur Imprägnierung von Grubenholz ausschließlich Metallsalze geeignet sind. Die klare Erkenntnis dieser Tatsache bedeutet einen großen Schritt vorwärts. Noch aber blieb die nicht minder wichtige Frage, nach welchen Gesichtspunkten die Auswahl unter den so überaus zahlreichen, zur Holzkonservierung vorgeschlagenen Metallsalzen zu treffen sei.

Verfahren, wie die Imprägnierung nach Boucherie, die zwar nicht in dem Maße wirksam sind wie die Teerölverfahren, konnten für die Konservierung von Grubenholz keine Anwendung finden. Die von Boucherie empfohlene Imprägniermethode des Aufsaugens der Imprägnierflüssigkeit in frisch gefälltes Holz ist bei Grubenholz unwirtschaftlich, weil teils der Frachtersparnisse, teils der bequemeren Handhabung wegen Grubenholz an die Zechen in trockenem und schon teilweise entrindetem Zustande zur Anlieferung gelangt. Für solches Holz ist aber das Boucherie-Verfahren nicht mehr anwendbar. Ein Boucheriesieren des Grubenholzes schon an der Fällungsstelle ist andererseits unmöglich, weil in den einzelnen Holzschlägen meist zu geringe Mengen gefällt werden, als daß es lohnen würde, überall direkt an der Erzeugungsstelle des Holzes diese Imprägnierungsart vorzunehmen.

Zur Zeit, als man zur Konservierung der Grubenhölzer schritt, war die Verwendung der Chlorzinktränkung in Deutschland bereits ein halb überwundener Standpunkt. Die antiseptische Kraft dieses Salzes ist nur gering und infolgedessen die erzielten Resultate im Verhältnis

[1]) 1907. Glückauf, Stens: Die Grubenholz-Imprägnierung auf den Zechen des Mülheimer Bergwerksvereins.

zu anderen Verfahren unbefriedigend. — Die Imprägnierung mit Sublimat konnte ebenfalls keine große Bedeutung für den Bergbau gewinnen, weil technische Schwierigkeiten, wie der Angriff des Salzes auf eiserne Kesselwände, die Tränkung unter Druck erschwerten.

An die Konservierung der Grubenhölzer muß die Anforderung gestellt werden, daß möglichst alle durchtränkbaren Teile des Holzes, also der ganze Splint und ev. die äußersten Jahresringe des Kernes von der Flüssigkeit erfüllt werden, damit die im Innern bereits vorhandenen Fäulniserreger getötet werden. Da dieses aber beim Einlagerungsverfahren wegen der oben näher beschriebenen Mängel nicht gelingt (vgl. Abb. 167), so ist stets die Anwendung des Kesselverfahrens mit Vakuum, **Wärme und Druck anzustreben (vgl. Abb. 162).**

Einer der ersten, der sein Augenmerk besonders auf die Konservierung von Grubenholz richtete, war Fritz Hasselmann, München. Sein erstes patentiertes Verfahren beruht darauf, daß er das Holz zunächst mit einer siedenden Lösung von Eisenvitriol und schwefelsaurer Tonerde und hierauf mit einer solchen von Chlorkalzium unter Beigabe von Kalkmilch behandelte. Hasselmann wollte durch die Nachbehandlung des mit schwefelsaurer Tonerde und Eisenvitriol getränkten Holzes mit Kalkmilch im Holzinnern wasserunlösliche Niederschläge erzeugen, wodurch dann, wie er sich in seiner Patentbeschreibung ausdrückt, gewissermaßen eine Versteinerung des Holzes herbeigeführt werden sollte. — Abgesehen davon, daß eine Versteinerung keinen Schutz gegen holzzerstörende Pilze bietet, da unlösliche Salze antiseptisch völlig unwirksam sind, so zeigten genaue Untersuchungen auch die technische Undurchführbarkeit der „Versteinerung". Es bilden sich wohl an der Oberfläche des Holzes die von Hasselmann gewünschten Niederschläge, aber gleichzeitig verstopfen sich die Poren des Holzes und verhindern ein weiteres Eindringen der nachströmenden Imprägnierflüssigkeit, eine Beobachtung, die schon 50 Jahre früher Payen bei einem ganz ähnlichen Verfahren machen mußte. Durch diese Nachteile veranlaßt, ließ sich Hasselmann bereits zwei Jahre später ein neues Verfahren patentieren, welches in einer Behandlung des Holzes mit schwefelsaurer Tonerde, mit Adler-Vitriol unter Zusatz von Kainitlösung besteht, und zwar bei Temperaturen von 135—140° und $2^1/_2$—3 Atm. Druck. Aber auch dieses Verfahren entsprach nicht den vom Erfinder gehegten Hoffnungen. Einmal war die konservierende Wirkung der von ihm empfohlenen Salze nur gering, dann aber waren die von Hasselmann vorgeschriebenen Temperaturen so hoch, daß das Holz durch diesen Imprägniervorgang buchstäblich zerkocht wurde.

3. Bewährte Tränkungsverfahren.

Die zerstörende Wirkung der Imprägnierung nach Hasselmann[1]), welche noch dadurch vergrößert wurde, daß die von ihm angewandten Metallsalze freie Mineralsäuren abspalteten, hat Wolman dadurch be-

[1]) 1912. Österr.-Ungar. Holzmarkt. Seidenschnur: „Zur Geschichte der Hasselmannschen Imprägnierverfahren".

seitigt, daß er bei seinem Verfahren einem Schwermetallsalzgemisch Salze organischer Säuren, z. B. Ammoniumazetat oder Ammoniumformiat hinzufügte. Bei der Abscheidung basischer Salze im Holze wird dann nicht die Mineralsäure, sondern die organische Säure, z. B. Essig- und Ameisensäure, frei, deren Wirkung auf das Holz unbedeutend ist und die zudem, wenn es sich um flüchtige Säuren handelt, wie im Falle der Essig- und Ameisensäure, leicht aus dem Holze verdampft[1]).

Ein wesentlicher Fortschritt auf dem Gebiete der Metallsalzimprägnierung war die Einführung der Fluorsalze. (Patent Nr. 241 863, Klasse 38 h). Diese Salze besitzen vorzügliche konservierende Eigenschaften, die etwa freiwerdende Flußsäure greift die Holzfaser nur unwesentlich an und die Salze sind, einmal in das Holz eingebracht, nur schwer auslaugbar.

Nach dem heutigen Stande der Imprägniertechnik läßt sich wohl sagen, daß diese Verfahren, die sich bereits seit 1905 in der Praxis gut bewährt haben, allen an ein sachgemäßes Metallsalz-Imprägnierverfahren zu stellenden Bedingungen genügen[2]).

In neuester Zeit hat man auch organische Verbindungen und zwar vorwiegend metallorganische, für die Konservierung von Hölzern vorgeschlagen. Diese Bestrebungen beruhen wohl auf denselben Beweggründen, die auch die moderne Medizin seit einer Reihe von Jahren dazu veranlaßt haben, in der Therapie die bisher üblichen Schwermetallsalze durch metallorganische Verbindungen zu ersetzen. So werden heute organische Verbindungen des Silbers, Quecksilbers, Kupfers, Arsens und in neuster Zeit auch des Selens, in großem Maßstabe in der menschlichen Heilbehandlung verwendet.

Die Verwendung organischer Quecksilber-, Arsen- und Antimon-Verbindungen für Holzkonservierungszwecke ist ebenfalls durch Patente geschützt. Die in diesen Verfahren zur Anwendung gelangenden Quecksilberverbindungen sind weniger giftig als Sublimat, sollen aber eine verstärkte bakterizide Wirkung den Holzzerstörern gegenüber besitzen.

Bei Quecksilberverbindungen dieser Art läßt sich auch das pneumatische Verfahren durchführen, da in ihnen das Metall komplex gebunden ist und sich somit auch beim Kochen im eisernen Kessel nicht abscheidet.

Außer diesen metallorganischen Verbindungen werden noch Derivate des Phenols und dessen Homologen zur Konservierung von Hölzern empfohlen. Die Ergebnisse der bisherigen Untersuchungen berechtigen zu großen Hoffnungen, wenn auch ein endgültiges Urteil

---

[1]) 1906. Glückauf. Seidenschnur: „Imprägnierung von Grubenhölzern“.
1913. Nr. 3. Deutsche Industrie. Deutsche Kultur. Das Grubenholz. Ursache und Vermeidung der Fäulnis desselben.

[2]) 1906. Technische Rundschau. „Das Wolmansche Imprägnierverfahren“.
1914. Zeitschrift des Oberschlesischen Berg- u. Hüttenmännischen Vereins. „Über einige Verfahren zur Erhaltung des Grubenholzes.“ Dr. Ing. Friedrich Moll.
1913. Braunkohle. Dr. Max Landau: „Die Konservierung von Grubenhölzern“.

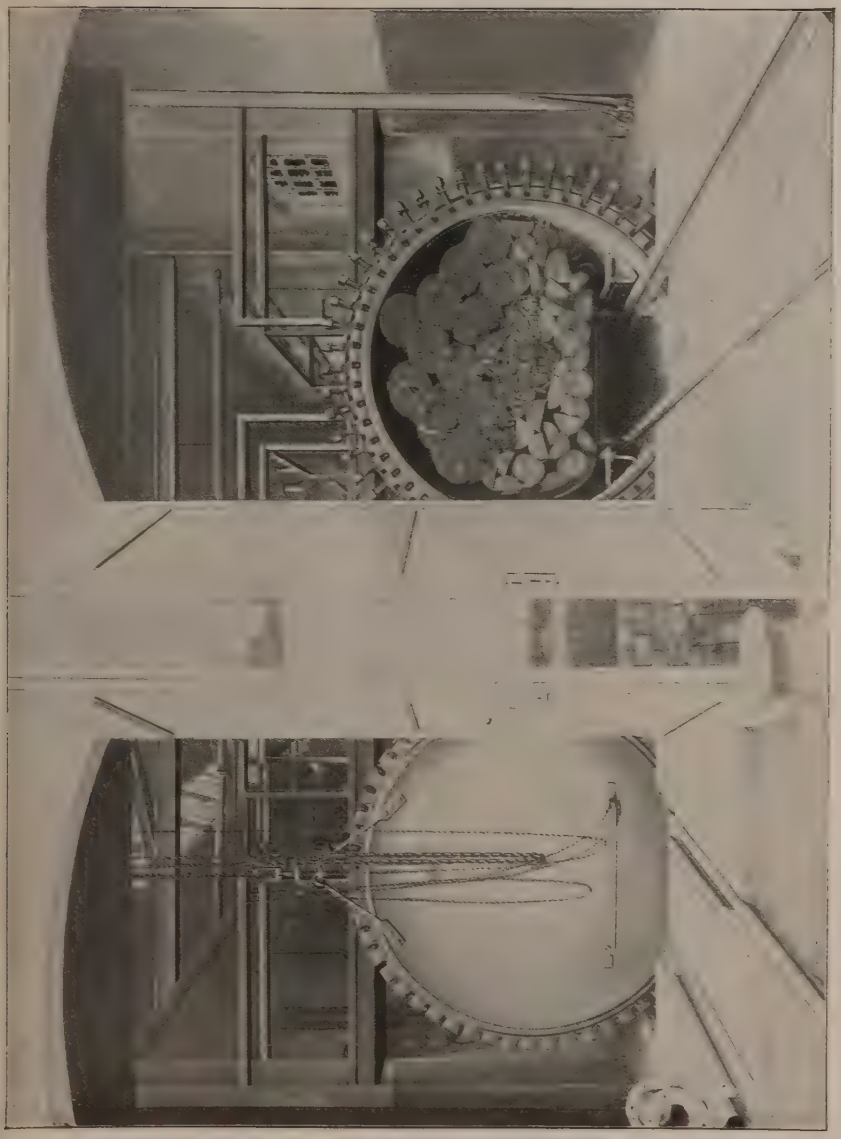


Abb. 194. Imprägnier-Einrichtung zur Anwendung von Vakuum, Druck und Wärme.
Imprägnieranlage Idaweiche O/S.

Abb. 195. Imprägnieranstalt auf der Königin Luise-Grube der Kgl. Bergwerksdirektion Hindenburg O/S, im Betrieb seit 1907.

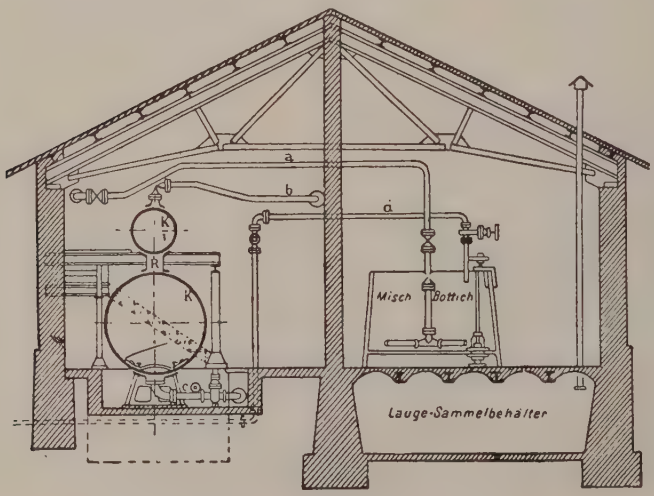


Abb. 196 a. Querschnitt einer Grubenholz-Imprägnieranlage.

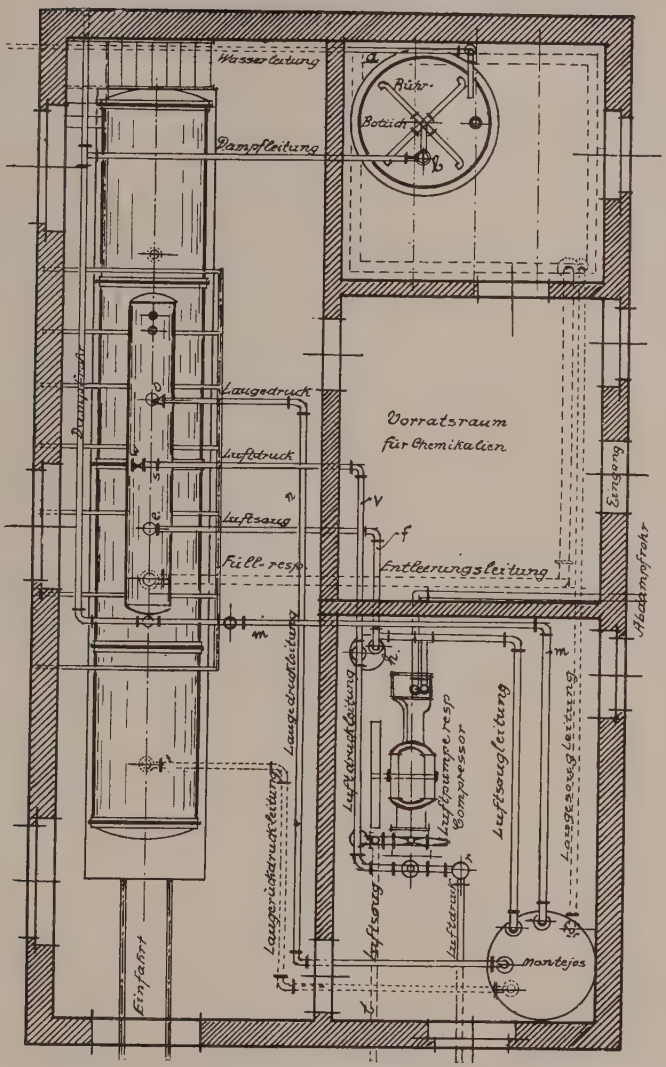


Abb. 196 b. Grundriß einer Grubenholz-Imprägnieranlage.

über ihre Brauchbarkeit erst nach längerer Erprobung in der Praxis wird abgegeben werden können[1]).

Die Erfahrung hat des ferneren gelehrt, daß es nicht genügt, ein brauchbares Holzkonservierungsmittel zu haben, sondern daß dieses auch in sachgemäßer Weise in das Holz eingeführt werden muß. Bei den überaus günstigen Lebensbedingungen der holzzerstörenden Pilze in den Gruben ist es unerläßlich, die Imprägnierung der Grubenhölzer stets so vollkommen wie möglich auszuführen (vgl. Abb. 162). Um diesen Zweck zu erreichen, genügt es keinesfalls, das Antiseptikum nur in den äußersten Holzschichten abzulagern, es müssen vielmehr alle durchtränkbaren Holzteile voll von der Imprägnierflüssigkeit erfüllt werden. Diese Vollimprägnierung gelingt aber vollständig nur unter Anwendung von Vakuum, Wärme und Druck. Abb. 194 bis 196 zeigen Grundriß und Schnitt einer modernen Grubenholz-Imprägnieranlage.

D. Wasserbau.

Von Marine-Oberbaurat **Ernst Troschel**-Berlin.

I. Konservierung der Hölzer oberhalb des Wasserspiegels.

Die aus dem Wasser herausragenden Holzteile eines Wasserbaues werden hauptsächlich durch Fäulnis, selten durch holzzerstörende Tiere angegriffen. Nur zwei Käferlarven haben sich an der holländischen und friesischen Küste in Pfahlköpfen unangenehm bemerkbar gemacht[2]), die eines Rüsselkäfers (Phloeophagus spadix) und eines Düsterkäfers (Nacerdes melanura)[3]); sie fanden sich in rohem Eichen- und Tannenholz. Durch eine starke Teerölimprägnierung konnte man die Schädlinge vom Holze fernhalten.

Der Fäulnis sind die Hölzer am meisten in der Zone des wechselnden Wasserstandes ausgesetzt. Zuerst wird der Splint angegriffen und verliert in wenigen Jahren seine Festigkeit. Der widerstandsfähigere Kern wird aber schließlich auch von den Myzelsträngen durchwachsen. Schwimmende Gegenstände, besonders Treibeis, helfen durch Abschürfen der Oberfläche das Holz zerstören, so daß z. B. bei Kiefernpfählen der Splint in 8—10 Jahren in Wasserspiegelhöhe vollständig losgelöst ist, und der festere Kern nun ebenfalls der Fäulnis und Abschürfung zum Opfer fällt. Sind in dieser Zone Holzverbindungen herzustellen, wie die Anschlüsse von Kopfbändern, so ist auf gute Abwässerung zu achten und eine Schwächung der Holzteile möglichst zu vermeiden. Statt der im Hoch-

[1]) 1914. Nr. 16. Glückauf: „Vergleichsversuche mit Imprägnierungsverfahren für Grubenholz.“ Bergassessor O. Dobbelstein.

[2]) Limnoria Lignorum Amsterdam — Rapport der Commissie uit de Koninklijke Akademie von Wetenschap 1893, S. 63.

[3]) Zentralblatt der Bauverwaltung 1891, S. 55.

bau üblichen Verzapfungen sind Verblattungen anzuwenden, die den Kopfbändern neben der größeren Widerstandsfähigkeit gegen Fäulnis und Bruch auch noch den Vorteil geben, daß sie leicht auszuwechseln sind.

Nächst dieser bald nassen, bald trockenen Zone sind die der Witterung ausgesetzten Hirnflächen der Wasserbauhölzer am meisten gefährdet. Namentlich werden die Pfahlköpfe freistehender Pfähle und Dalben leicht durch Fäulnis angegriffen, da das Regenwasser in die Radialrisse der Hirnfläche eindringt und hier die zur Entwicklung der Fäulniskeime nötige Feuchtigkeit erzeugt.

Um ein schnelles Faulen der Pfahlköpfe zu verhindern, empfiehlt es sich, in erster Linie für gute Abwässerung der Hirnfläche zu sorgen und entweder den ganzen Pfahl mit Teeröl zu imprägnieren oder die Hirnfläche, wenn sie gut getrocknet ist, mit einer dicken, elastischen Paste aus Zement und Goudron zu bestreichen, so daß alle Risse verstopft sind. Um jede Rissebildung in der Hirnfläche zu verhüten, ist dieser Anstrich zeitweise zu erneuern. Eine Blechhaube hat sich weniger bewährt, da die zwischen Blech und Hirnfläche sich sammelnde Feuchtigkeit an der Verdunstung gehindert ist und die Fäulnis begünstigt. Außerdem werden die Blechhauben durch Bootshaken oder Stahltrossen oft beschädigt und vermögen dann nicht mehr das Hirnholz gegen das Eindringen von Regenwasser zu schützen. Ebenso können Anstriche der Hirnflächen mit Farbe oder Karbolineum auf die Dauer die Fäulnis nicht abhalten, da neue Risse in der Hirnfläche entstehen und die alten sich vergrößern, so daß das einsickernde Regenwasser ungeschützte Holzteile trifft, in die Fäulniskeime leicht eindringen können.

Die Hinterwand von Bohlwänden wird auch leicht von Fäulnis angegriffen, namentlich wenn keine Kieshinterfüllung eingebracht ist. Ein Teeren der Hinterwand oder ein Anstrich mit Karbolineum tut für einige Jahre ganz gute Dienste; von längerer Wirksamkeit ist eine Teerölimprägnierung, die sich in der Erde[1]) wie im Wasser am besten bewährt hat.

Andere Hölzer, die ständig über Wasser bleiben, wie Holme, Treppen, Brückenbelag, Geländer, sind der Fäulnis hauptsächlich an den Verbindungsstellen und Fugen ausgesetzt. Auch hier ist, wie bei allen im Freien befindlichen Hölzern, für gute Abwässerung, daneben aber auch für Lüftung, zu sorgen. So wird man zwischen den Bohlen eines Brückenbelags einer Fußgängerbrücke zweckmäßig Fugen lassen und die Bohlen auf Querleisten aufbringen, damit möglichst alle Flächen der Hölzer von der Luft bestrichen werden können. Jeder Schutzanstrich mit Ölfarbe, Teer, Karbolineum u. a., der auf die gut ausgetrockneten Hölzer aufgebracht ist, wird ihre Lebensdauer verlängern. Eine Teerölimprägnierung ist besonders für alle der Witterung und der mechanischen Abnutzung ausgesetzten Hölzer zu empfehlen.

[1]) Siehe Oberbau.

II. Konservierung der ständig unter Wasser bleibenden Hölzer.

Im Seewasser mit einem Salzgehalt von etwa 1% und darüber treten dem Holz neue Feinde entgegen, die es oft schon in wenigen Monaten vernichten können: die holzzerstörenden Muscheln und Krebse. Sie sind in allen Meeren vorhanden, und kein Holz wird von ihnen verschont, mag es so hart sein wie Eisenholz oder so bitter wie die Zypresse. Weichhölzer und Eiche werden in der gemäßigten Zone im allgemeinen stärker angegriffen als die ausländischen Harthölzer, doch hat man mit den als bohrwurmsicher gepriesenen Hölzern, wie Greenheart und Yarrah, oft auch recht schlechte Erfahrungen gemacht. So wurde Greenheart (Nectandra radioli) in New Castle on Tyne, in Pozzuoli bei Neapel, in der Algoa Bay [1]) und in Lüderitzbucht, Yarrah (Eucalyptus marginata) in Neu Süd-Wales und Robertshafen (Deutsch-Südwest-Afrika) vom Bohrwurm angegriffen.

Das ungleiche Verhalten des Bohrwurms in den verschiedenen Häfen ist in erster Linie auf die ungleichartige Zusammensetzung des Meerwassers, dann aber auch wohl auf die verschiedenen Arten der Bohrwürmer, von denen bis jetzt über 30 bekannt sind, zurückzuführen. Diese verschiedenen Arten werden nicht immer dieselben Lebensbedingungen haben, also auch nicht immer dieselben Holzarten verschmähen oder vorziehen.

Natürlich muß man die Seebauten gegen die Angriffe der Bohrtiere schützen, namentlich, wenn es sich um die tragende Konstruktion einer Kaimauer oder einer Landungsbrücke handelt, bei deren Einsturz die Schiffahrt gestört und das Leben vieler Menschen gefährdet werden kann. Forestier, ingénieur en chef des ponts et chaussées, berichtet [2]) von einer Landungsbrücke im Hafen von Sables d'Olonne (Vendée), die durch den Bohrwurm zerstört und unter ihrem eigenen Gewicht 18 Monate nach ihrer Errichtung zusammengebrochen ist. Der aus eichenen Pfählen ausgeführte Hafendamm von Fromentine stürzte zwei Jahre nach seiner Erbauung auf 36 m Länge infolge von Bohrwurmfraß zusammen.

Unzählige Mittel sind schon seit Jahrhunderten versucht worden, um die Bohrtiere vom Holze fernzuhalten. Diese Schutzmittel kann man in drei Gruppen teilen:

1. Einbetten der Hölzer,
2. Bekleiden der Oberfläche der Hölzer,
3. Imprägnieren der Hölzer.

1. Die Schutzwirkung des Einbettens von Holzpfählen in Sand oder Beton beruht auf der Tatsache, daß nur das vom Wasser benetzte Holz (zwischen Mittelwasser und Meeresgrund) von den Bohrtieren, wenigstens

[1]) Vgl. H. Mönch und P. Hedde, „Hafendämme" aus Handbuch der Ing.-Wissenschaften, III. Teil, 1912, 4. Aufl. XI. Bd., S. 343 u. f.

[2]) „Sur la conservation des bois à la mer au point de vue surtout de leur préservation contre les rabages du taret", 1868, par August Forestier, Ingénieur en chef des ponts et chaussées.

vom Bohrwurm und den Bohrasseln, angegriffen werden kann; den Fingermuscheln (Pholaden) wäre es vielleicht auch möglich, durch Beton oder Sand zu den Pfählen vorzudringen.

Die Kaimauern im Tsingtauer Hafen, in dem der Bohrwurm stark auftritt, stehen auf einem hohen hölzernen Pfahlrost, der in Sand eingebettet ist. (Abb. 197 a u. b). Die Sandbettung wird an der Vorderseite der Kaimauer durch eine Eisenbetonspundwand begrenzt und zusammengehalten. Diese Spundwand muß sorgfältig durch Taucher kontrolliert und dicht gehalten werden, damit nicht etwa der Sand zwischen den Fugen der Spundwand herausgespült wird und das Wasser

Abb. 197 a. Kaimauer in Tsingtau; hölzerner Pfahlrost mit Betonspundwand.

an die Pfähle gelangen kann. Die Konstruktion hat sich bisher (seit 1903) gut bewährt und hat 2000 M/lfdm gekostet, während eine steinerne Konstruktion im Blockbau auf 5000 M/lfdm veranschlagt war. Die gesamten Kaimauern von 3 km Länge wären in Steinkonstruktion 4 Millionen Mark teurer gewesen als die gewählte Holzkonstruktion. Dies Beispiel zeigt den Kostenunterschied zwischen einer Holz- und einer Steinkonstruktion. Gerade der Kostenpunkt wird den Ingenieur immer wieder veranlassen, sein Augenmerk bei Konstruktion einer Kaimauer auf einen hölzernen Unterbau zu richten.

Eine Einbettung von Holzpfählen in Beton erscheint noch wirksamer als in Sand, da der erhärtete Beton nicht fortgespült werden kann Doch liegt hier eine andere Gefahr vor, nämlich, daß durch das Ab-

binden des Betons und die Volumenveränderung des Holzes die Betonbettung sich von den Pfählen löst und infolgedessen dem Seewasser und damit auch den Bohrtieren der Zugang zu den Pfählen offen steht.

Auf diese Weise gelangten die Bohrtiere, wie der französische Ingenieur Clavenad berichtet, im Jahre 1879 in Cherbourg an den einbetonierten Pfahlrost eines Marinegebäudes und zerstörten ihn [1]).

In neuerer Zeit hat man die Pfähle dadurch gegen Bohrtiere zu schützen gesucht, daß man Röhren von Holz [2]), von glasiertem Ton [3]), von Kunststein [4]) oder Eisenblech über die Pfähle streifte oder als

Abb. 197 b. Kaimauer in Tsingtau; Blick auf die Pfahlköpfe des hölzernen Pfahlrostes.

Halbzylinder um die Pfähle legte und den Zwischenraum zwischen Rohrwand und Pfahl mit Beton [5]) oder Sand ausfüllte. Bei Holz und Metallrohren verwendet man Beton zum Ausfüllen des Zwischenraumes, da das Holz, wenn es nicht selbst imprägniert ist, durch Bohrtiere und das Metall durch das Seewasser bald angegriffen und zerstört wird. Wenn die Betonummantelung Risse bekommt, abgescheuert wird oder sich

[1]) Zentralblatt d. Bauverw. 1886, S. 266.
[2]) Zentralblatt d. Bauverw. 1907, S. 226.
[3]) Beton und Eisen, Heft 9, 1906, S. 227.
[4]) Beton und Eisen, Heft 9, 1906, S. 227.
[5]) Zentralblatt d. Bauverw. 1907, S. 226.

vom Holz löst, so steht der Weg zum Pfahl den Bohrtieren offen. Da die Pfähle erst nach dem Rammen mit den Röhrenmuffen versehen werden können, so sind sie nur bis zum Meeresboden geschützt. Bei nachträglichen Auskolkungen können die Bohrtiere unterhalb der Muffen an den ungeschützten Pfahl gelangen und ihn zerstören. Diese ummantelten Pfähle gewähren also keinen sicheren Schutz gegen Bohrwurmbefall und bieten im übrigen dem Wellenschlag eine größere Angriffsfläche als andere Pfähle. In unruhigem Wasser, namentlich in der Brandung sind sie daher nicht zu empfehlen.

2. Bekleiden der Oberfläche der Hölzer. Als Übergang von dem Einbettungsverfahren zur Oberflächenbehandlung ist das Bewickeln der Pfähle mit Zaundraht und Umkleiden mit Zementmörtel anzusehen. Die Abstände der Drahtwindungen betragen etwa 5—8 cm. Da der Zementmörtel vor dem Rammen aufgebracht werden muß, so sind Beschädigungen des Betons durch die mit dem Rammen verbundenen Erschütterungen des Pfahls nicht ausgeschlossen.

Ein ähnliches Verfahren ist das Bewickeln mit nebeneinander liegenden geteerten Seilen. Auch mit geteerter Leinwand hat man Pfähle umhüllt und schließlich auch nur den Teer allein in möglichst dicker Schicht aufgetragen. Außer dem Teeranstrich hat man die verschiedensten Oberflächenanstriche versucht: Karbolineum, Sotor, Barol, Teredo proof, Kupferfarbe, Fischöl, Wasserglas usw. Nach den von der Marine in Tsingtau und Wilhelmshaven angestellten Versuchen haben Anstriche nur 1—2 Jahre den Bohrwurm abhalten können. Auch das Bekleiden der Pfähle mit Kupfer-, Zink- oder Eisenblech hat keine günstigen Resultate ergeben, da die Metalle oft schon in 1—2 Jahren vom Seewasser zerfressen waren. Nach Auskunft des Reichs-Kolonial-Amts waren im Jahre 1906 beim Bau der Landungsbrücke in Swakopmund (Süd-West-Afrika) mit verzinktem Eisenblech bekleidete Pfähle gerammt und ein Pfahl nach 12 -14 Monaten zum Zweck der Untersuchung gezogen worden. Er war 10,65 m lang, steckte 1,65 m im Boden und war mit 0,6 mm starkem Blech beschlagen. Zwischen Hochwasser und Niedrigwasser war der Pfahl gut erhalten; zwischen Niedrigwasser und dem Meeresgrund war die Blechbekleidung siebartig durchlöchert und die Verzinkung zerstört. Die Löcher hatten die Größe von 0,1—3 cm. Die Blechbekleidung war am unteren Ende infolge des Rammens aufgestaucht und der Pfahl bis 1 m über dem Meeresboden ungeschützt.

Für einen Pfahl kostete die Armierung

mit 0,8 mm verzinktem Eisenblech (Weißblech) 40 Mk.,
mit 0,8 mm Zinkblech . . . . . 60 Mk.,
mit 0,8 mm Kupferblech . . . . . 500 Mk.,

sie wurde aber nicht in größerem Maßstabe angewendet.

Ferner wurde in Swakopmund der Versuch gemacht, die Pfähle durch Beschlagen mit breitköpfigen Nägeln gegen den Angriff der Bohrtiere zu schützen. Der Beschlag mit etwa 3000 Nägeln kostete für einen Pfahl 300 Mk.

Schon beim Rammen sprangen zahlreiche Nägel aus dem Pfahl

heraus, so daß 10—50 qcm große ungeschützte Flächen entstanden. Auch dieser Versuch mußte als nicht befriedigend angesehen werden.

Das Beschlagen mit Nägeln (bewurmnageln), wie es namentlich in Holland häufig angewendet wird, eignet sich am meisten für ebene Flächen, wie für Docke und Schleusentore. Die benagelten Flächen überziehen sich allmählich mit einer zusammenhängenden Rostschicht, die wie ein Blechbeschlag die Bohrtiere vom Holze abzuhalten imstande ist. Vorbedingung für eine Schutzwirkung ist aber, daß die zusammenhängende Rostschicht unbeschädigt bleibt. Dies ist aber nicht leicht zu erreichen, da Abschurfungen oder Abbrechen einzelner Nagelköpfe bei einem Dock oder Schleusentor durch kleine Schiffe, Ruder, Bootshaken, Treibeis, kaum zu vermeiden sind. Die Rostschicht müßte man entweder vor Einbringen des Tors schon auf dem Lande erzeugen, da sonst die Bohrwürmer zwischen den Nägeln in das Holz sofort eindringen würden, oder man müßte die frisch genagelten Tore in der Jahreszeit einsetzen, in der ein Bohrwurmbefall nicht zu befürchten ist, so daß sich eine Rostschicht bis zur Schwärmzeit der Bohrwurmlarven bilden kann. Die Bohrassel ist bei „bewurmnagelten" Hölzern weniger zu fürchten, da sie auf die Oberfläche der Hölzer angewiesen ist und sich wegen der eng nebeneinanderstehenden Nägel nicht ausbreiten kann. Für Bohlen, die mit Feder und Nut verbunden sind, ist eine Benagelung nicht zu empfehlen, da gerade die empfindlichsten Stellen, die Stöße, durch die Nägel **stark beschädigt werden würden.**

Schließlich möge noch ein uraltes Verfahren zum Schutz gegen Bohrtiere und Fäulnis erwähnt werden. Das Verkohlen der Oberfläche. Auch dies Verfahren wurde im Tsingtauer Hafen erprobt und hat sich als Schutzmittel bewährt, solange die Verkohlung unversehrt blieb; als die angekohlten Hölzer stellenweise abgeschürft waren, wurden sie sofort vom Bohrwurm befallen. Etwas Ähnliches gilt von allen bisher besprochenen Schutzmitteln. Solange durch irgendein Medium (Kohle, Blech, Leinwand, Teer, Farbe, Wasserglas, Beton, Sand) verhindert ist, daß das Holz unmittelbar vom Wasser benetzt wird, solange ist das Holz auch vor Bohrwurm und Bohrassel geschützt. Beim Einbetten der Pfähle kann dies noch am ersten erreicht werden; das Bekleiden der Oberfläche bietet nur solange einen Schutz, als die Umhüllung tadellos erhalten ist und keine Fugen oder Löcher aufweist. Schon unmittelbar nach dem Streichen der Pfähle können durch das Trocknen der Hölzer Risse entstehen. Das Fortschaffen der Pfahle sowie das Rammen ist ohne Beschädigungen der Oberfläche gar nicht auszuführen. Ist der Pfahl eingerammt, so ist er noch mancherlei unkontrollierbaren Beschädigungen durch treibende Gegenstände, Eisgang und Wellenstoß, ausgesetzt. Manche Pfähle, wie die Innenpfähle eines Pfahljochs einer Landungsbrücke sind gegen äußere Angriffe einigermaßen geschützt, während die Außenpfähle **mehr gefährdet sind.**

Alle Beschädigungen der Oberfläche, auch die kleinsten Risse sind Eingangspforten für die fast mikroskopisch kleinen Bohrwurmlarven, die sich bis zu meterlangen Bohrwürmern entwickeln und den Pfahl **zerstören können.**

3. Imprägnieren der Hölzer. Für Gleit- oder Reibpfähle an Kaimauern, für Leitwerke und Dalben, die die Aufgabe haben, Schiffsstöße aufzunehmen und bei denen ein Abscheuern der Oberfläche unvermeidlich ist, sind Anstriche oder andere Bekleidungen der Oberfläche zwecklos. Schon seit den dreißiger Jahren des vorigen Jahrhunderts versuchte man, die von den Bohrtieren gemiedene Flüssigkeit tiefer in das Holz eindringen zu lassen. Metallsalze bewährten sich nicht, da sie zu bald ausgewaschen wurden. Dagegen schien sich das Teeröl besonders gut zu eignen, zumal man allmählich lernte, in geschlossenen Behältern unter erhöhtem Druck größere Mengen bis etwa 300 kg in 1 cbm Kiefernholz hineinzupressen. Diese Menge Teeröl genügt nach Forestier[1]), um die Bohrtiere vom Holze fernzuhalten. Preßt man diese Teerölmenge im Imprägnierkessel in das Holz, so wird nur etwa der vierte Teil von den Zellwänden aufgenommen, der übrige Teil bleibt in den Hohlräumen (Lumina) der Zellen als Teeröltropfen. Dieser Überschuß an Teeröl, den die Zellwände nicht mehr aufnehmen können, tritt nach erfolgter Imprägnierung z. T. an die Oberfläche, macht die Hölzer schmierig und beschmutzt auch die mit ihnen hantierenden Arbeiter. Im Wasser wird dies an der Oberfläche haftende Teeröl bald abgespült, geht also als Schutzmittel verloren. Man kam deshalb auf den Gedanken, das gesamte nicht mehr von den Zellwänden aufgenommene Teeröl nach erfolgter Volltränkung aus den Hohlräumen der Zellen auszuziehen. Dieser Gedanke ist durch das Rüping-Verfahren verwirklicht worden; die Schutzwirkung der nach dem Rüping-Verfahren getränkten Hölzer scheint dieselbe zu sein, wie die der vollgetränkten Hölzer. Die Kaiserliche Marine hat seit etwa 10 Jahren ihre Wasserbauhölzer in Kiel und Wilhelmshaven nach dem Rüping-Verfahren imprägnieren lassen; bisher sind sie von den Bohrtieren verschont geblieben.

Erst nach Einführung des billigen Rüping-Verfahrens, bei dem nur etwa 70 kg Teeröl in 1 cbm verbleiben, ist auch für den Wasserbau die Teerölimprägnierung wirtschaftlich geworden und zur Bedeutung gelangt. In den Jahren 1911 und 1912 wurden allein von der Kaiserlichen Marine über 12000 cbm Wasserbauhölzer nach dem Rüping-Verfahren mit Teeröl getränkt.

Wie eingehende Untersuchungen über die konservierende Wirkung des Teeröls ergeben haben, enthalten die nach dem Rüping-Verfahren getränkten Kiefernhölzer, trotz ihres geringen Teerölgehalts, noch etwa zehnmal mehr Teeröl als zum Schutz gegen Fäulnis erforderlich wäre[2]). Dieses Ergebnis ist für alle oberhalb der Wasserlinie bleibenden Holzteile der imprägnierten Wasserbauhölzer von Bedeutung. Bei den nach dem Rüping-Verfahren getränkten Hölzern tritt nicht mehr das

[1]) „Sur la conservation des bois à la mer au point de vue surtout de leur préservation contre les ravages du taret", 1868, par August Forestier, Ingénieur en chef des ponts et chaussées.

[2]) Vgl. Chemiker Zeitg. 1909 Nr. 77 u. Zeitschr. für angew. Chemie 1901 S. 437 u. 488.

Teeröl an die Oberfläche; die Hölzer sehen sauber und trocken aus und lassen sich leicht bearbeiten[1]).

Abb. 198. Schälen kiefernen Rammpfähle.

Die Teerölimprägnierung ist jetzt aus dem Stadium der Versuche heraus und nach den Erfahrungen der an der Nordsee liegenden Länder

[1]) Vgl. Matthaei, „Die Schwellen-Tränkanstalt Zernsdorf“ in Glasers Annalen 1912 Nr. 839 S. 204.

das einzige Mittel, das sich gegen Fäulnis und den Angriff der Bohrtiere 20 Jahre und länger bewährt hat [1]). In Norwegen und Schweden [2]), in England, Frankreich, Dänemark [3]) und Holland verwendet man jetzt ebenso wie an unseren Küsten [4]) im Wasserbau mit Teeröl durchtränkte Kiefernpfähle. Die besten Erfolge hat man mit geschälten Rundhölzern gemacht, da geschälte Pfähle die Imprägnierflüssigkeit bedeutend besser aufnehmen als ungeschälte. (Vgl. Abb. 198 u. 199.) Zu diesen

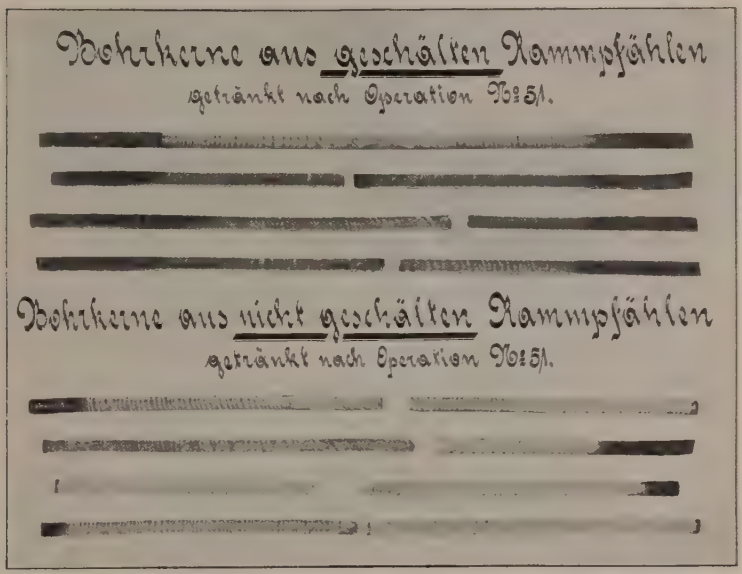


Abb. 199. Bohrkerne aus geschälten und ungeschälten impräg. Rammpfählen, die das Eindringen des Teeröls von außen nach innen erkennen lassen. Bohrkerne sind den imprägn. Pfählen entnommene stabförmige Holzproben; sie sind in der Linie eines Durchmessers aus dem Pfahl herausgebohrt.

Wasserbauhölzern gehören nicht nur die Hölzer in den vom Bohrwurm befallenen Seehäfen, sondern auch die im Süßwasser zu Brücken, Leitwerken oder Dalben verwendeten Pfähle und schließlich auch die ständig über Wasser bleibenden Hölzer, wie Holme, Brücken- und Treppenbelag. Auch für diese Hölzer, die nur gegen Fäulnis zu schützen sind, ist nach den

[1]) Wie Anmerkung auf S. 404.
[2]) Untersuchungen im Auftrage der norwegischen Regierung von Amtsingenieur J. Munch. Drontheim 1904.
[3]) Vgl. V. Götzsche „Mindre Meddelelser" in Ingeniören, Kopenhagen 1914 Nr. 72 Seite 551.
[4]) Vgl. Bökemann: „Der Hafen von Tsingtau in Zeitschr. des Verb. deutscher Arch. u. Ing. Vereine 1914, S. 199.

Erfahrungen eine Teeröldurchtränkung wirtschaftlich, da eine solche, die oft schon bei Anlieferung im Holz vorhandenen Mikroorganismen

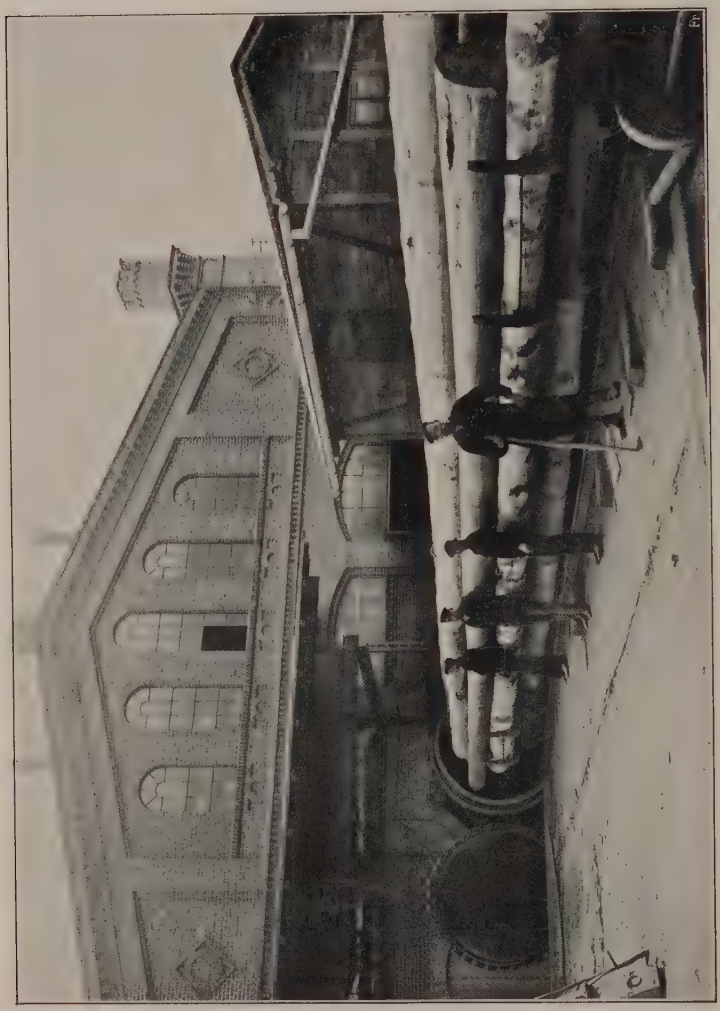


Abb. 200. Einfahren der geschälten Rammpfähle in den Imprägnierkessel.

sicher tötet und die Weiterentwicklung der Fäulnisbildner verhindert. Gerade hierin zeigt sich die Überlegenheit der Teerölimprägnierung gegenüber den Anstrichen mit Farbe, Teer oder Karbolineum, da die im

Innern vorhandenen Pilze das Holz häufig schneller zerstören, wenn es gestrichen und von der Luft abgeschlossen ist, als wenn es dem Einfluß der Atmosphärilien ausgesetzt bleibt. Die Teeröltränkung nach dem Rüping-Verfahren kostet für 1 cbm Kiefern-Schnittholz etwa 10 Mk., für 1 cbm Kiefern-Rundholz einschließlich des Schälens etwa 13 Mk.

Da die Güte der Imprägnierung von der Trockenheit des Holzes abhängig ist, und wassersattes Holz bei günstiger Witterung 8—12 Wochen gebraucht, um auszutrocknen, so konnte bisher die Imprägnierung der Hölzer nicht immer so schnell erfolgen, wie es nach dem Stande der Bauten erwünscht gewesen wäre. Die Fortschritte der Imprägnierungstechnik haben diese Übelstände beseitigt und es möglich gemacht, durch die sog. Schnellimprägnierung nasse Hölzer in 7—10 Stunden auszutrocknen und zu imprägnieren. Wegen der Imprägnierung der Hölzer wird also eine nennenswerte Verzögerung des Baues nicht mehr eintreten.

Die größte Länge der Hölzer, die bisher imprägniert worden sind, betrug 24 m. Neue Imprägnierungsanstalten (wie die Anstalt in Rendsburg) sind für 25 m Länge eingerichtet worden. (Abb. 200.)

Wenn im Wasserbau auch für die Imprägnierung in erster Linie Kiefernholz in Frage kommt, so werden doch auch mit Vorteil Eichenhölzer und in neuster Zeit Buchenhölzer imprägniert. Das Buchenholz, das im rohen Zustande nur eine kurze Lebensdauer besitzt, zeigt imprägniert ganz vorzügliche Eigenschaften und hat im Eisenbahnbau als Bahnschwelle alle anderen Hölzer aus dem Felde geschlagen. Nach den Erfahrungen der Eisenbahn-Verwaltung ist es gerechtfertigt, für imprägnierte Buchenschwellen eine Lebensdauer von 30 Jahren anzunehmen [1]). Auch im Wasserbau hat sich das imprägnierte Buchenholz gut eingeführt und ist wegen seiner Festigkeit wohl geeignet, mit dem Eichenholz in Wettbewerb zu treten. Es kommt namentlich für Gleitbalken an der Kaimauer, für Treppen- und Brückenbelag in Frage. Das Reichs-Marineamt hat in Wilhelmshaven seit 1905 und in Tsingtau seit 1909 imprägniertes Buchenholz verwendet. Imprägniertes Buchenholz stellt sich etwa 30—40% billiger als Eichenholz. Da das Buchenholz in unseren heimischen Forsten reichlich vorhanden ist, ist seine Verwendung als Bauholz auch vom nationalwirtschaftlichen Standpunkt aus zu empfehlen.

III. Kostenberechnungen.

Zum Schluß mögen einige rechnerisch durchgeführte Beispiele aus der Praxis von der Wirtschaftlichkeit der Imprägnierung ein Bild geben.

Einem kiefernen Rundpfahl kann in einem bohrwurmfreien Hafen oder im Binnenlande, wo er durch Fäulnis abgängig wird, eine Lebensdauer von höchstens 10 Jahren zugesprochen werden. in einem vom Bohrwurm heimgesuchten Hafen ist er nach den Erfahrungen oft schon in zwei Jahren unbrauchbar, während sich imprägnierte Hölzer 20 Jahre und länger bewährt haben. Mit dieser Lebensdauer sind die Kosten ge-

[1]) Vgl. Geheimer Baurat a. D. Schneidt, „Die Beschaffung und Verwendung buchener Eisenbahnschwellen“ in Glasers Annalen 1910, Nr. 785.

rammter Kiefernpfähle für ein Jahr und 1 cbm berechnet worden. Die Pfähle mögen 14 m lang und 30 cm stark sein, der Inhalt eines Pfahles beträgt etwa 1 cbm.

1. Rundhölzer.

a) Kosten ungetränkter kieferner Rammpfähle.

α) In bohrwurmfreien Häfen und im Binnenlande.

Lebensdauer 10 Jahre.

1 Pfahl 14 m lang und 1 cbm Inhalt kostet frei Baustelle	50, - Mk.
1 Pfahl anzuspitzen und 6 m tief einzurammen	30,— „
1 Pfahl zu beschneiden und zuzurichten	3,— „
1 Pfahl wieder auszuziehen und fortzuschaffen	12,— „
Kosten für 10 Jahre:	95,— Mk.,

also betragen die Kosten für 1 Jahr $\frac{95}{10} = 9{,}50$ M/cbm.

β) In Häfen, die stark von Bohrtieren befallen sind.

Lebensdauer 2 Jahre.

Kosten für 2 Jahre wie vorhin 95 Mk.,

also betragen die Kosten für 1 Jahr $\frac{95}{2} = 47{,}50$ M/cbm.

b) Kosten teerölgetränkter kieferner Rammpfähle.

Lebensdauer 20 Jahre.

Kosten wie vorhin	95,— Mk.,
dazu für Imprägnieren (Rüping-Verfahren) des Pfahls von 1 cbm Inhalt	13,— „
Kosten für 20 Jahre:	108,— Mk.,

also betragen die Kosten für 1 Jahr $\frac{108}{20} = 5{,}40$ M/cbm.

Die Kosten ungetränkter Rundpfähle in bohrwurmfreien Häfen sind hiernach fast doppelt und die in den vom Bohrwurm befallenen Häfen neunmal so groß als die Kosten teerölgetränkter Pfähle.

2. Schnitthölzer.

Für Holme, Gordungswände und Brückenbelag kann neben Kiefernholz auch Eichenholz und Buchenholz in Frage kommen. Zur Berechnung der Kosten nehmen wir an, daß Bohlen der verschiedenen Holzarten von 8 cm Stärke und 25 cm Breite eingebaut werden.

Als Lebensdauer der Bohlen wird angenommen nach den Erfahrungen mit Eisenbahnschwellen.

für Kiefernholz	roh	7,5,	imprägniert	15 Jahre,
„ Eichenholz	„	12,	„	20 „
„ Buchenholz	„	3,	„	30 „

a) Kosten ungetränkter Bohlen.

α) Kiefernholz.

Lebensdauer 7,5 Jahre.

Der Querschnitt der Bohlen beträgt 0,08 . 0,25 = 0,02 qm; zu 50 m Bohlenlänge ist 1 cbm Holz erforderlich. Zurichten und Aufbringen der Bohlen mögen 0,30 M/m betragen. 1 cbm = 50 m Bohlenlänge zuzurichten und aufzubringen 0,30.50 m = 15,— Mk. . . 15,— Mk.,
1 cbm Kiefernbohlen frei Baustelle anzuliefern . . . . . 60,— „
1 cbm = 50 m Bohlenlänge abzubrechen und fortzubringen 8,— „
Kosten für 7,5 Jahre: 83,— Mk.,

also betragen die Kosten für 1 Jahr $\frac{83}{7,5}$ = 11,10 M/cbm.

β) Eichenholz.

Lebensdauer 12 Jahre.

1 cbm = 50 m Bohlenlänge zuzurichten und aufzubringen 15,— Mk.,
1 cbm Eichenbohlen frei Baustelle anzuliefern . . . . . 120,— „
1 cbm = 50 m Bohlenlänge abzubrechen und fortzuschaffen 8,— „
Kosten für 12 Jahre: 142,— Mk.,

also betragen die Kosten für 1 Jahr $\frac{143}{12}$ = rd. 12,— M/cbm.

γ) Buchenholz.

Lebensdauer 3 Jahre.

1 cbm = 50 m Bohlenlänge zuzurichten und aufzubringen 15,— Mk.,
1 cbm Buchenbohlen frei Baustelle anzuliefern . . . . . 80,— „
1 cbm = 50 m Bohlenlänge abzubrechen und fortzuschaffen 8,— „
Kosten für 3 Jahre: 103,— Mk.,

also betragen die Kosten für 1 Jahr $\frac{103}{3}$ = rd. 34,35 M/cbm.

b) Kosten teerölgetränkter Bohlen.

α) Kiefernholz.

Lebensdauer 15 Jahre.

Kosten wie unter 1 a). . . . . 83,— Mk.,
dazu für Teerölimprägnierung (Rüping-Verfahren) . . . . 10,— „
Kosten für 15 Jahre: 93,— Mk.,

also betragen die Kosten für 1 Jahr $\frac{93}{15}$ = rd. 6,20 M/cbm.

β) **Eichenholz.**

Lebensdauer 20 Jahre.

Kosten wie unter 1 b) . . . . . 143,— Mk.,
dazu für Teerölimprägnierung (Rüping-Verfahren) . . . 10,— „
Kosten für 20 Jahre: 153,— Mk.,

also betragen die Kosten für 1 Jahr $\frac{153}{20}$ = rd. 7,65 M/cbm.

γ) **Buchenholz.**

Lebensdauer 30 Jahre.

Kosten wie unter 1 c) . . . . . 103,— Mk.,
dazu für Imprägnierung (Rüping-Verfahren) . . . . . 16,50 „
Kosten für 30 Jahre: 119,50 Mk.,

also betragen die Kosten für 1 Jahr $\frac{119{,}50}{30}$ = rd. 4,— M/cbm.

Nach diesen Berechnungen stellt sich bei Verwendung von ungetränkten Hölzern das Kiefernholz am wirtschaftlichsten und kostet 11,10 M/cbm, etwa $^1/_2$ dieser Kosten ist für imprägniertes Kiefernholz mit 6,20 M/cbm und etwa $^1/_3$ für imprägniertes Buchenholz mit 4,00 M/cbm aufzuwenden.

E. Schiffbau.

Von Ingenieur **Rudolf Sodemann**-Hamburg-Wandsbek.

I. Vorbemerkung.

Die Verwendung von Hölzern im Schiffbau ist eine äußerst mannigfaltige, kann man doch leicht über 50 verschiedene Holzarten aufzählen, die zum Bau der schwimmenden Gebäude gebraucht werden und daher auf einer großen Werft mit vielseitigem Reparaturbetrieb mehr oder weniger vorrätig sein müssen. Es sind dies nicht nur unsere einheimischen Hölzer, als: Föhre oder Kiefer, Fichte, Tanne, Rot- und Weißbuche, Ahorn, Pappel, Eiche, Erle, Esche, sondern auch solche, welche von weit her über das Meer zu uns kommen, wie Teak, Pitch-pine, Oregon-pine, Pockholz und die australischen Harthölzer Jarrah, Moa usw. Nach meiner Erfahrung können unsere einheimischen Hölzer roh oder veredelt in sehr vielen Fällen mit den ausländischen Holzarten in Wettbewerb treten; häufig ist es nur der Reiz des „Fremdländischen" oder Unkenntnis der Eigenschaften der Hölzer, welche dazu führen, die deutschen Holzarten auszuschließen, obgleich diese billiger sind und meist denselben Zweck erfüllen, wie die überseeischen. Wir werden im folgenden sehen, daß man die einheimischen Holzarten, vor allen Dingen die sehr in Mißkredit geratene Rotbuche, sehr stiefmütterlich behandelt, trotzdem diese Hölzer infolge ihrer durch den Veredelungsprozeß verbesserten Eigenschaften und ihrer billigen Preise mit den ausländischen Hölzern

durchaus in Wettbewerb treten können. Man sollte daher nicht nur vom volkswirtschaftlichen, sondern auch vom kaufmännischen Standpunkte aus bestrebt sein, sich mehr als bisher im Schiffbau den einheimischen Holzarten zuzuwenden.

Von den eingangs erwähnten Holzarten finden auf dem eigentlichen Bauplatz der Schiffe, dem Helgen, folgende hauptsächlich Verwendung: Pitch-pine und Eiche für Stapelhölzer (Kiel- und Kimmpallen), sowie für die Schlitten und Aufklotzung beim Stapellauf; Föhre und Fichte für Schablonenholz, Stellagebohlen, Schiffsstützen und Aufrichter. Letztere werden heute allerdings auch schon aus Eisen angefertigt. Für alle Arten von Keilen, als: Kiel- und Kimmkeile, Stapellaufkeile, Keile zum Abstützen der Schiffe usw. werden Rotbuche, Pitch-pine und Eiche verarbeitet.

Für die Kielblöcke der Schwimm- und Trockendocks verwendet man möglichst harte Hölzer, insbesondere Eiche, Greenheart, Jarrah, Gruba usw., da die Kielblöcke durch das Schiffsgewicht überaus stark beansprucht werden. Die Fender und Scheuerleisten werden ebenfalls entweder aus Eiche oder aus Pitch-pine, seltener aus Föhre hergestellt. Zu Laufstegen und Treppen nimmt man Pitch-pine oder Föhre.

II. Der Holzschiffbau.

Der eigentliche Holzschiffbau hat durch das Vordringen des Eisenschiffbaus beträchtlich an Bedeutung verloren. Nach den Mitteilungen des Germanischen Lloyds (Berlin 1912) werden aber doch noch allein in Deutschland jährlich 35 hölzerne Frachtschiffe von 18—25 m Länge, 5,5—6,5 m Breite und 2—3 m Seitenhöhe gebaut, welche in der Nord- und Ostsee verkehren. Hierzu kommen noch die zahlreichen kleineren Werften für Flußkähne, Schuten, Prähme, Boote und Sportfahrzeuge. 11 deutsche Werften befassen sich ausschließlich mit dem Holzschiffbau; 18 weitere Werften bauen neben eisernen auch hölzerne Schiffe.

Die Vorschriften des Germanischen Lloyds über den Bau von Holzschiffen führen etwa 50 verschiedene Holzarten auf. Neben Eiche, Teak, Pitch-pine, Greenheart und anderen Harthölzern ist hierin die Schierlingstanne (Kanada Hemlock) erwähnt. Während erstere Hölzer dem Schiffe eine zwölfjährige Klassendauer geben, muß das Schiff bei Verwendung der Schierlingstanne schon nach vier Jahren geklasst, d. h. zur genauen Untersuchung der eingebauten Hölzer überholt werden. Beachtenswert ist nun, daß nach den Vorschriften des Lloyds von unseren einheimischen Holzarten das Ulmenholz und die Rotbuche, außenbords unter Wasser angebracht, ebenfalls die höchste Klassendauer von zwölf Jahren besitzen.

Wenn von seefahrenden Holzschiffen die Rede ist, so darf deren Todfeind, der Bohrwurm, nicht vergessen werden. Mit dem Bohr-, Schiffs- oder Pfahlwurm (Teredo navalis) hat es eine eigene Bewandtnis. Schon seit Alters her war dieser Holzzerstörer ein Schrecken der Seefahrer und wurde „Calamitas navium" das Verderben der Schiffe genannt. Der französische Naturforscher Quatrefages berichtet, auf welche

erschreckende Art sich diese Tiere vermehren. Eine Barke versank infolge eines Unfalles in Pasages bei St. Sebastian. Nach vier Monaten wurde sie von den Fischern wieder gehoben in der Hoffnung, Holzwerk davon gebrauchen zu können. Aber welche Enttäuschung! Die Bohrwürmer hatten ihr Zerstörungswerk mit solchem Eifer betrieben, daß das Holz total unbrauchbar geworden war. Die Barke war wie ein Sieb durchlöchert. Alle Bauteile, wie Balken, Planken usw. waren von diesen **Vandalen des Tierreiches zerstört worden.**

Zu seinem nicht geringen Schrecken erkannte der berühmte Seefahrer Dampier im Hafen von Mindanao, daß sein Schiff und dessen Boote trotz eines nur einmonatigen Aufenthaltes in jenem Hafen wespenwabenartige Beschaffenheit angenommen hatten und zur Fortsetzung der Seereise völlig unbrauchbar geworden waren. — Ähnliche böse Erfahrungen machte man in den brackigen Buchten Jamaikas, Ost- und Westindiens, im Mittelmeere und selbst an den Küsten Hollands. Im Krimkriege (1853—56) wurde den russischen Schiffen durch den Bohrwurm mehr Schaden zugefügt als durch die Kanonen der Verbündeten.

Die alten Griechen, denen der Bohrwurm wohl bekannt war, glaubten in der Zypresse, wohl wegen ihres bitteren Geschmackes, bohrwurmsicheres Holz gefunden zu haben; doch scheint die Verwendung von Zypressenhölzern nicht gerade häufig gewesen zu sein. Die Chinesen gebrauchen bei kleinen Fahrzeugen ein einfaches Mittel, um sich gegen diese Holzzerstörer zu schützen; sie ziehen die Boote möglichst häufig auf den Strand, um die Bohrwürmer, die nur im Wasser ihre Lebensbedingungen finden, absterben zu lassen. Außerdem vertreiben sie die vom Wasser benetzte Fläche des Bootes mit einer Art zähen Fischöls.

Unsere farbigen Landsleute in Neu-Pommern und Neu-Mecklenburg suchen ebenfalls ihre kleinen Boote, die sie an einigen Orten mit großer Sorgfalt auf einem Holzrost unmittelbar über dem Wasser lagern, durch Außerwasserbringen gegen den Bohrwurmfraß zu schützen. Einige Stämme wenden außerdem einen dicken Kalkanstrich an und die Eingeborenen der Salomonsinseln suchen die Außenseite des Bootes durch Verkohlen zu schützen. Dieses Konservierungsmittel wurde in Europa auch schon in den ältesten Zeiten angewandt, jedenfalls war das Ankohlen von Bauhölzern bekannt. Als Mittel gegen den Bohrwurm tritt uns das Ankohlen der Holzschiffe im 17. Jahrhundert in der Literatur entgegen. „Da gibt es", heißt es in einem alten Druck aus dem Jahre 1666 „in den indischen Meeren eine kleine Wurmart, welche in das Bauholz der Schiffe eindringt und dasselbe so durchbohrt, daß sie überall Wasser ziehen. Zwar wenden einige Teer, Haare und Kalk als Überzug der Schiffe an, welche indessen sämtlich nicht nur nicht genügen, um den Wurm zu vertreiben, sondern auch das Schiff in seinem Laufe aufhalten. Die Portugiesen brennen ihre Schiffe, so daß sie ganz von einer zolldicken Kohlenrinde überzogen werden. Wenn dieses Verfahren auch einerseits gefährlich ist, da es nicht selten geschieht, daß das ganze Schiff verbrennt, so beruht andererseits die Ursache, weshalb der Wurm die portugiesischen Schiffe nicht durchfrißt, nur in der außerordentlichen Härte des angewendeten Bauholzes."

Mitte des vorigen Jahrhunderts haben nun die Engländer ein vorzügliches, wenn auch teures Mittel gefunden, ihre Holzschiffe vor dem Bohrwurmfraß zu schützen: das Kupfern der vom Wasser benetzten Schiffsoberfläche.

Professor Dr. J. Münter sprach sich in einem Vortrag, gehalten im wissenschaftlichen Verein zu Greifswald, am 21. November 1875 wie folgt über das Kupfern der Holzschiffe aus: „Am Marke unseres Nationalvermögens zehrt jahraus jahrein die erhebliche Summe, welche Deutschland an England zu zahlen hat für das in unseren Häfen noch nicht ausführbare Kupfern des äußeren Schiffbodens. Wie ungern aber auch immer der deutsche Reeder die Summen bucht, welche die erste Herstellung und die konstante Unterhaltung des Kupferbodens veranlaßt, so ist es doch auch sicher, daß infolge der schönen Entdeckung der Engländer Ph. Howard und Major Watson hinfort die heimtückisch minierenden Weichtiere weder das Leben der Schiffsbesatzung, noch auch die wertvolle Ladung bedrohen und gefährden können."

Wenn das Kupfern der Schiffe durch das Vordringen des Eisenschiffbaues auch an Bedeutung verloren hat, so müssen doch nach den Vorschriften des Germanischen Lloyds auch heute noch hölzerne Seeschiffe für lange Fahrt mit einem Beschlag von Kupfer oder anderen Metallen (ausgenommen Zink) versehen sein. Das Kupfern schützt das Schiff nicht nur vor dem Angriff der Bohrtiere, sondern auch vor dem die Fahrtgeschwindigkeit beeinträchtigenden Bewachsen mit Seepocken, Entenmuscheln und anderen tierischen und pflanzlichen Parasiten.

Das Bindeglied zwischen dem Holzschiffbau und dem Eisenschiffbau ist der Kompositbau, bei dem für das Gerippe des Schiffes Eisen und nur für die äußere Beplankung Holz verwendet wird. Diese Beplankung wird ebenfalls zum Schutz gegen den Bohrwurm mit Kupfer-, Metall- oder Zinkblech beschlagen. Die Außenhaut dieser Schiffe besteht meistens aus einer oder zwei Lagen Teak, Eiche, Föhre oder Lärche, unter Wasser auch Rotbuche. Die äußere Lage der Außenhaut der Polarschiffe besteht aus einem besonders harten Holz (Greenheart), damit sie dem reibenden Einfluß der Eismassen widerstehen können.

Bis Ende der neunziger Jahre finden wir den Kompositbau, zumal bei der Kriegsmarine, eigens aus dem Grunde noch vor, um das Kupfern der Unterwasseraußenhaut vornehmen und dadurch das Schiff vor dem Bewachsen schützen zu können. Einzelne kleinere Schiffe unserer Marine, wie die Kanonenboote „Tiger" und „Luchs", haben gegenwärtig noch Holzhaut mit Metallbeschlag. Mit der Zeit hat man in allen Erdteilen Stationen zum Docken der Schiffe eingerichtet und dadurch haben sich für größere Schiffe die Verhältnisse wesentlich geändert. Man stellt sie heutzutage ganz aus Eisen her. Dem Bewachsen der Außenhaut, dessen Nachteile gegenüber dem Zerstörungswerk des Bohrwurmes immerhin als gering zu bezeichnen sind, kann man außerdem durch Anstriche mit Giftfarben (Rahtjens Komposition, Moravia usw.) mit Erfolg begegnen.

Für die Holzdecks der Schiffe nimmt man meistens Teak (Tectona grandis), Pitch-pine und Oregonpine, seltener Weymouthskiefer (Whitepine) und Föhre. Die Seitenwegerung und Verschalung der Räume

besteht gewöhnlich aus Föhre oder Tanne. Als Bodenwegerung wird Pitch-pine oder Föhre genommen. Zu Kammerwänden, Kammereinrichtungen und Aufbauten verwendet man Föhre, Tanne (Grän), Teak, Pitch-pine, Mahagoni, Nußbaum und andere edle Hölzer. Neuerdings benutzt man für Kammerschotte auch mehrfach verleimte Sperrholzplatten, welche außen aus Erlenholz und innen aus Kiefern oder amerik. Whitewood (Liriodendron tulipifera) bestehen. Neuerdings haben auch deutsch-ostafrikanische Hölzer aus der Gegend des Usambaragebirges Eingang gefunden. Da ist zunächst ein Holz, welches „Mkweo" heißt, dem Nußbaumholz ähnlich ist, vor ihm aber den Vorzug besitzt, in gewaltigen Stammabmessungen vorzukommen, die es für große Pilaster und ähnliche Architekturteile geeignet machen. Dieses Holz hat in der Innenarchitektur, den Salons, Speisesälen usw. der modernen Ozeandampfer in großem Maße Verwendung gefunden. Ein anderes interessantes Holz unserer Kolonie ist die „rote Zeder", ein Ersatz für die fast ausgestorbene Libanonzeder. Seine besondere Eignung für Salons, Salonmöbel, Bibliotheken usw. unserer großen Luxusdampfer liegt in dem Geruch desselben, welcher Ungeziefer, Motten u. dgl. von diesen Räumen fernhält.

Für die Lukendeckel wird entweder Tanne oder Föhre genommen, während man die Lukenbalken meistens aus Pitch-pine oder auch aus Eiche herstellt. Die Holzhinterlage der Panzerplatten besteht häufig aus Teak oder Lärche.

Beim Bau von Booten, Barkassen, Yachten und Sportfahrzeugen beschränkt man sich in der Hauptsache auf die Holzarten: Eiche, Zypresse, Lärche, Mahagoni, Esche und Föhre. Bei den Rennbooten und sonstigen Sportfahrzeugen legt man besonders Wert auf große Längen der Hölzer für Decks und Außenhaut, da diese Bauteile bei den kleinen Fahrzeugen Hauptbestandteile der Längsverbindungen bilden.

Für Fender oder Scheuerleisten der Pontons, Prähme, Fährdampfer, Chalands, also der Fahrzeuge, die mehr oder weniger starken Abnutzungen durch Reibung und Stöße ausgesetzt sind, benutzt man Eiche oder Pitchpine und für die Decks gewöhnlich Pitch-pine.

Die Konservierung aller Bauteile spielt im Holzschiffbau eine wesentliche Rolle. Der Hauptzweck aller Anstriche ist bekanntlich, die Bauteile gegen die zerstörenden Einflüsse von Wasser und Luft und gegen die Sonnenstrahlen, die das Reißen des Holzes verursachen, zu schützen. Feuchte, warme, stehende Luft in geschlossenen Räumen, wie in Kohlenbunkern und Laderäumen, begünstigen den Fäulnisprozeß ganz außerordentlich. Bei dem Eichenholz kommt noch die Wirkung des Tanningehalts auf die mit dem Holz verbundenen Eisenteile hinzu. Das Tannin zersetzt das Eisen und andererseits wird durch das Eisen dem Holz das gegen Fäulnis schützende Tannin entzogen, so daß hierdurch auch die Zersetzung des Holzes begünstigt wird. Man sollte also Eichenholz mit Eisen nicht in Verbindung bringen.

Beim Holzschiffbau heißt der oberste Grundsatz: Alle Hölzer sind möglichst so einzubauen, daß sie einer ausgiebigen Lüftung zugänglich sind. Ferner wird besonders darauf Wert gelegt, daß das etwa durch die

Außenhaut eindringende Wasser, welches sich zwischen den Inhölzern ansammeln könnte, ungehindert zu den Pumpen gelangen kann.

Diejenigen Teile der Holzschiffe, die abwechselnd naß und trocken werden, sind der Fäulnis am meisten ausgesetzt, besonders solche Räume, die in sich abgeschlossen sind, so daß die Feuchtigkeit der Luft nur langsam oder gar nicht verdunsten kann. Um die Hölzer nach Möglichkeit vor Fäulnis zu schützen, verwendet man beim Bau der Schiffe nur durchaus trockenes und gesundes Holz. Nach den Vorschriften des Germanischen Lloyds [1]) müssen „die zum Bau verwandten Hölzer wenigstens zwei Jahre vor Beginn des Baues gefällt und ein Jahr hindurch gut gestapelt" sein. Diese Vorsicht genügt jedoch nicht immer, da die Räume bei schlechtem Wetter oft monatelang verschlossen bleiben und die überall vorhandenen Fäulniskeime in der durch faulendes Bilgewasser, Schwitzwasser u. dgl. feucht gehaltenen Luft ihre Lebensbedingungen finden. Durch eine vorübergehende Lüftung der Räume während der Liegezeit in den Häfen kann ein Absterben der Fäulnispilze nicht erreicht werden. Hat das Zerstörungswerk der Fäulniserreger einmal begonnen, so schreitet es unaufhaltsam weiter. Dadurch, daß man an den besonders der Fäulnis ausgesetzten Teilen des Schiffes, vor allen Dingen in der Bilge, widerstandsfähige, wenn auch teure Hölzer, als Eiche, Pitch-pine, Teak usw. nimmt, kann man die Zerstörung wohl verzögern, aber nicht verhindern.

Wie schnell eine solche Zerstörung des Holzes vor sich gehen kann, sehen wir an dem Polarschiff „Fram". Die „Fram", welche bekanntlich als erstes europäisches Schiff den Panamakanal durchfahren sollte, hat nach Zeitungsberichten während ihres zweijährigen Aufenthaltes in Buenos-Aires derartig gelitten, daß das Holzwerk des Schiffes verschiedene Flecke aufweist, welche auf schwammartige Zersetzung schließen lassen. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß man gerade bei diesem Schiff ganz besonders vorsichtig in der Auswahl der Hölzer gewesen ist.

III. Die bisher üblichen Konservierungsmethoden.

Für die im Großschiffbau benutzten Hölzer existieren bis heute folgende Konservierungsmethoden:

1. Für die Isolierung der Kühlräume auf Schiffen werden im allgemeinen je zwei Lagen Föhre oder Tanne mit dazwischen gelegter Blätterholzkohle oder Reformkorksteinplatten benutzt. Zwischen den einzelnen Holzlagen wird doppelt oder dreifach schwarzes Isolierpapier (Giantpapier, Asphaltpapier) verlegt. Das Holz soll durchaus trocken, gut abgelagert und kerngesund sein. Die Innenseite der Hölzer wird vor dem Einbau mit heißem Leinöl gut angestrichen und das Holz alsdann an der Luft getrocknet. Nach dem Einbau erhält das Holz einen wiederholten Anstrich entweder mit heißem Firnis, oder auch mit Antinonnin, welches geruchlos ist, oder auch einen solchen mit Vitralin.

[1]) Germanischer Lloyd, Vorschriften für Klassifikation von hölzernen Seeschiffen 1908, S. 4.

Als Konservierungsmittel dürfen nur geruchlose Präparate benutzt werden.

2. Für Bodenwegerung der Kohlenbunker und Laderäume wird das Holz mit kräftig aufgetragener Teerfarbe (Bitumastic-Solution) Karbolineum oder schwedischem Teer resp. säurefreiem Holzteer behandelt. Die Planken werden an allen Seiten hiermit gestrichen und nachträglich noch dicht kalfatert, d. h. die Nähte und Stöße werden mit Werg dicht gemacht und mit Pech (Rückstand beim Destillieren von Teer), Harz oder Marine-Glue ausgegossen, um zu verhindern, daß sich Feuchtigkeit (Wasser, Säuren usw.) unterhalb der Planken ansammelt. Bevor die Planken gelegt werden, wird noch die Eisendecke kräftig mit Teer gestrichen und mit Portlandzement gesprenkelt.

3. Vor dem Legen der Holzdecks werden die Eisendecks und die Unterkante und Seiten der Planken wie unter 2. behandelt. Auch nimmt man für die Eisendecks einen starken Mennigeanstrich, einen Anstrich aus einem Gemisch von Teer und Talg oder einen solchen mit Marineleim. An der Oberfläche werden die Holzdecks aldann nach Bedarf mit gutem Leinöl gestrichen. Die Kalfaterung geschieht wie unter 2. angegeben.

4. Die Holzhinterlage für Panzerplatten wird mit Teerfirnis, Bleimennige, Marineleim oder Glasuritweiß gestrichen.

5. Kammerwände, Kammereinrichtungen, Aufbauten aus Holz usw. erhalten, falls die Teile nicht poliert werden, gewöhnlich einen dreifachen Anstrich mit bester Ölfarbe und alsdann einen Lackanstrich. Teakaufbauten erhalten einen Firnisanstrich, sowie einen doppelten Luftlackanstrich. Den Wänden von Passagierkammern gibt man meistens einen vierfachen Ölanstrich; dann werden sie lackiert.

6. Lukendeckel, Lukenbalken und Garnierlatten erhalten einen dreifachen Ölfarbenanstrich.

7. Bei den Holzschiffen, Yachten, Booten, Kähnen, Fischerfahrzeugen usw. besteht die Zwischenlage bei einer doppelten Holzhaut aus Filz, Flanell usw. mit Teeröl oder Marineleim getränkt. Die Planken werden wie unter 2. angegeben kalfatert. Wird die Außenhaut nicht gekupfert, so wird bei besseren Booten wenigstens ein Anstrich mit Öl- oder Lackfarbe genommen. Holzapfels Kupfer- und Emaillefarben haben sich sehr gut bewährt.

Jollen, Schuten, Kähne, Fischerfahrzeuge usw. werden unterhalb der Wasserlinie mit gewöhnlichem Steinkohlenteer, oberhalb der Wasserlinie mit Holzteer gestrichen. Steinkohlenteer zieht bekanntlich nur wenig in das Holz ein und bildet in der Hauptsache eine Kruste, die, wenn sie der Sonne ausgesetzt ist, dünnflüssig wird und abfließt. Dieses würde dem Fahrzeuge, wenn es oberhalb der Wasserlinie mit Teer gestrichen wäre, ein unschönes Aussehen geben und auch den Zweck der Konservierung verfehlen. In der Bilge verwendet man bei allen diesen Fahrzeugen Anstriche mit Teer, Black-Varnish usw.

Die Anstrichmittel sollen frei von schädlichen Beimischungen, wie Naphta- und Petroleumzusatz sein.

Alle diese Konservierungsmethoden bringen dort, wo das Holz mechanischen und Witterungs- oder sonstigen Einflüssen ausgesetzt ist,

nur sehr spärlichen Nutzen, da die antiseptische Flüssigkeit nur einige Millimeter in das Holz eindringt und die dünne Schutzschicht sehr leicht abgenutzt wird.

Nur ein auf gesundem, vollständig trockenem Holz (Wassergehalt höchstens 15% des Darrgewichts) aufgebrachter Anstrich kann als Konservierungsmittel betrachtet werden. Wie oft kann man die Beobachtung machen, daß total nasses Holz mit Gewalt (die Nässe will natürlich das Öl nicht annehmen) mit irgendeinem Anstrich versehen wird. Die Folge davon ist, man hat die Feuchtigkeit mit einer Ölschicht umgeben, sie gewissermaßen eingekapselt und dadurch das Verdunsten derselben erschwert oder ganz verhindert und den Fäulnisprozeß begünstigt. Das Holz verfault unter diesen Umständen daher auch in ganz kurzer Zeit.

Trotz vorsichtiger Disposition ist es in vielen Fällen nicht möglich, das zum Bau nötige Holz in der zur Beschaffung verfügbaren Zeit lufttrocken zu bekommen. Eine sichere Gewähr, ungenügend trockene, sowie solche Hölzer, welche im Innern von unsichtbaren Krankheitskeimen befallen sind, dauernd gegen alle schädlichen Einflüsse zu schützen, bietet nur die moderne Holzkonservierungstechnik durch die Druck- oder pneumatischen Tränkungsverfahren. Und nur, wenn das Holz sterilisiert und dann bis in den Kern mit der konservierenden Flüssigkeit getränkt ist, kann man von einem den schädlichen Einflüssen trotzenden Holz reden, das mit den von Natur aus dauerhafteren, aber dafür auch teueren Hölzern, wie Teak, Eiche, Pitch-pine usw., in Wettbewerb treten kann. Nach den Erfahrungen mit imprägnierten Bahnschwellen und Telegraphenstangen wird man ohne Zweifel eine Lebensdauer des imprägnierten Holzes von 30 Jahren, die für Schiffbauhölzer als genügend angesehen werden kann, erreichen. Die obengenannten teuren Hölzer, zumal Teak, werden wohl auch über diesen Zeitraum hinaus der Fäulnis trotzen, jedoch wohl meistens eine derartige mechanische Abnutzung erfahren haben, daß aus diesem Grunde schon ein Auswechseln der Bauteile erfolgen müßte.

IV. Imprägnierung.

Von den Imprägnierungsverfahren kommt für Schiffsbauhölzer nur das Druck- oder pneumatische Tränkungsverfahren in Betracht. Es sind zwar auch schon Schiffsbauhölzer kyanisiert worden, aber diese Methode ist dem einfachen Konservieren durch Anstrich um nichts voraus, da eine leichte absichtliche oder unabsichtliche mechanische Verletzung des Holzes die schützende Hülle entfernt. Wenn man z. B. kyanisiertes Holz nachträglich verarbeitet, d. h. also genau passend zurecht sägt und mit Bolzenlöchern versieht, ja, wenn man zur Befestigung nur einfach Nägel hineinschlägt, so finden die Fäulniserreger an allen diesen bloßgelegten Stellen geeignete Eingangstore. Diese Methode scheidet daher für den Schiffbau aus, da es einfach unmöglich ist, die Hölzer mit Bolzenlöchern usw. vorher gebrauchsfertig herzustellen und erst nachträglich die Imprägnierung vorzunehmen. Alle diese Mängel fallen bei dem Druck- oder pneumatischen Tränkungsverfahren fort. Die Hölzer

werden vor der Verarbeitung imprägniert, d. h. die Imprägnierungsflüssigkeit wird mit Gewalt in das trockene Holz hineingepreßt und so das Holz durch und durch mit der konservierenden Flüssigkeit getränkt. Jeder nachträglich vorgenommene mechanische Eingriff in das Holz wird nicht ungeschützte Holzteilchen freilegen können. Das nach dem Rüping-Verfahren mit Teeröl imprägnierte Kiefernholz hat eine etwa dreimal, das imprägnierte Rotbuchenholz eine etwa zehnmal größere Lebensdauer als das rohe Holz.

Ferner ist es erwiesen, wie langjährige Beobachtungen und Versuche in den verschiedenen Ländern, vor allen Dingen in den deutschen Kolonien und an den Küsten von Wilhelmshaven, ergeben haben, daß die mit Teeröl imprägnierten kiefernen und buchenen Wasserbauten vom Bohrwurm verschont blieben, während Harthölzer, wie Eiche und Teak, von ihm befallen wurden.

Wir haben gesehen, daß man schon von jeher zur Konservierung der den Witterungseinflüssen ausgesetzten Hölzer oder für Bauteile, die besonders an Stellen eingebaut werden, die für den Fäulnisprozeß empfänglich sind, Marineleim, Black-Varnish, Karbolineum, Bitumastic-Solution, Steinkohlenteer usw. benutzt, alles Mittel, welche in der Hauptsache Teerprodukte bzw. veredelte Abkömmlinge derselben sind. So ist es denn auch zu verstehen, daß die Imprägnierungsmethode mit Steinkohlenteeröl so bahnbrechend gewirkt hat, wenn auch vorläufig nicht so sehr im Schiffbau, so doch vor allen Dingen auf dem Gebiete des Eisenbahn-Oberbaues. Diese Imprägnierungsmethode bringt die alten gutbewährten Konservierungsmittel in technischer Vollkommenheit zur Wirkung, indem nicht nur die Oberfläche, sondern das ganze zur Konservierung bestimmte Bauholz bis in den Kern hinein vor Fäulnis geschützt wird. Man kann daher wohl mit Recht behaupten, daß dem heutigen Stande nach allein das Steinkohlenteeröl für den Schiffbau die geeignetste Imprägnierungsflüssigkeit darstellt. Spricht doch auch für dieses Antiseptikum der Umstand, daß es nicht wie Quecksilberchlorid (Sublimat) die Imprägnierungskessel und somit auch die Bauteile aus Eisen, ähnlich wie die Gerbsäure der Eiche, stark angreift, sondern im Gegenteil Eisen, sowie Holz ganz vorzüglich konserviert. Ferner hat es, wie alle Öle von vornherein schon den großen Vorteil, daß es wasserfeindlich wirkt, d. h. die Feuchtigkeit abstößt. Ganz besonders gut eignen sich zur Teerölträukung Föhre und Rotbuche.

V. Wirtschaftlichkeit der Imprägnierung.

Man wird selbstverständlich zum Imprägnieren nur billige Hölzer nehmen und versuchen, ihnen durch dieses Veredelungsverfahren die Eigenschaften der von Natur aus wertvollen Hölzer zu geben. Trotz dieses Wertzuwachses an Material und Arbeit darf der Preis nicht höher sein. Imprägnierte Rotbuche wird man z. B. an Stelle von Eiche, Pitchpine und Teak verwenden. Die Lebensdauer dieser Hölzer darf man der imprägnierten Rotbuche unter gleich ungünstigen Verhältnissen, ohne groben Fehler zu begehen, als gleich annehmen, so daß man die Preise der Hölzer in ein direktes Verhältnis zur Ersparnis setzen kann.

Folgende Tabellen mögen ein Bild geben von den Preisen und Eigenschaften einiger imprägnierter und roher Hölzer.

Tabelle I.

Durchschnittspreis für 1 cbm Schnittware:

Imprägnierte Rotbuche		85	Mk.
Pitch-pine	roh	100	„
Eiche		180	„
Rangoon- und Javateak . . .		330	„

Bei der Anwendung von imprägnierter Rotbuche ergibt sich eine Ersparnis pro Kubikmeter gegenüber:

Pitch-pine	von	15 Mk.	= ca.	18%,
Eiche	„	95 „	= „	112%,
Rangoon- und Javateak . .	„	145 „	= „	288%.

Die spez. Gewichte für lufttrockenes Holz stellen sich im Mittel wie folgt:

Pitch-pine 0,77, Rangoon- und Javateak 0,79, Eiche 0,80 und imprägnierte Rotbuche 0,87. Die imprägnierte Rotbuche ist also um 70 bis 100 kg pro Kubikmeter schwerer als die vorgenannten Hölzer; eine geringfügige Gewichtserhöhung, welche in der Praxis wohl meistens außer acht gelassen werden kann.

Die Festigkeit des Kiefernholzes und der Rotbuche nimmt durch die Imprägnierung mit Teeröl (Rüping-Verfahren) bedeutend zu.

Tabelle II.

Holzart (Bauhölzer in allen Abmessungen)	Durchschnittspreis Mk./cbm	Lebensdauer Jahr	Kosten pro Jahr Mk./cbm
1. Imprägnierte Rotbuche	85	30	2,85
2. Föhre, Fichte, Tanne			
a) mit Karbolineum angestrichen [1])	65	7—8	8,65
b) imprägniert	80	20	4,—
c) roh	60	7	8,60
3. Pitch-pine, mit Karbolineum angestrichen [1])	105	16	6,60

Eine ganz ausgezeichnete Anwendung findet das mit Teeröl nach dem Rüping-Verfahren imprägnierte Rotbuchenholz für die Schwimm- und Trockendocks, und zwar für Kielpallen, Laufplanken, Fender usw., da diese Hölzer bald naß, bald trocken werden und dadurch ganz besonders der Abnutzung ausgesetzt sind.

Ein Dock von 30—40 000 t Tragfähigkeit soll z. B. 200 cbm Holz enthalten. Würde man nun an Stelle von Eichen und Pitch-pine mit einem Durchschnittspreis von 140 M/cbm (siehe Tabelle 1) imprägnierte

[1]) Die Angaben über Lebensdauer sind der Praxis entnommen. Z. B. die Bodenwegerung aus Föhren resp. Pitch-pine in den Laderäumen oder Kohlenbunkern der Schiffe muß nach 7—8 resp. 16 Jahren vollständig erneuert werden. Man sieht also hieraus, daß z. B. das Föhrenholz, ob angestrichen oder roh, fast dieselbe Lebensdauer besitzt.

Rotbuche verwenden, so würde sich hierdurch eine Ersparnis von 11 000 Mk. erzielen lassen.

Die richtige Erkenntnis dieser Tatsache hat denn auch dazu geführt, daß man neuerdings für die Dockpallen (Kielblöcke in den Docks) und auch für die Stapelklötze auf den Helgen, sowie für die Stapellaufaufklotzung mit sehr gutem Erfolg teerölgetränktes Rotbuchenholz (Rüping-Verfahren) anwendet.

Auch für die Unterlagen der Poller, Spillmaschinen und Steuerapparate würde sich imprägniertes Rotbuchenholz vorzüglich eignen; ferner für die Decks von Fährdampfern, Trajektschiffen usw. Die Decks für diese Fahrzeuge werden bekanntlich sehr abgenutzt, so daß ein hartes, dauerhaftes Holz hierfür besonders am Platze ist. Ein Dampfer von 40—50 m Länge würde allein an Deckholz eine Ersparnis, gegenüber dem Pitch-pine, von 300 Mk., gegenüber Teak von 5000 Mk. bringen.

Das mit Teeröl nach dem Rüpingverfahren imprägnierte Rotbuchenholz hat sich gegenüber dem Todfeind der Holzschiffe, dem Bohrwurm, glänzend bewährt. Warum sollte man nun nicht dieses Holz für die Holzhaut unter Wasser der seefahrenden Holz- und Kompositschiffe anwenden können? Das Anbringen einer Kupferhaut z. B. für eine kleine seegehende Yacht von 15—20 m Länge beträgt 2 3000 Mk. Läßt man nun die geringe Preisdifferenz zwischen den Holzarten fallen, da das Quantum des Holzes nur gering ist, so würde dieser Betrag eine direkte Ersparnis bedeuten, wenn man die Holzhaut aus imprägnierter Rotbuche herstellen würde. Rotbuchenholz ist immerhin in einer Durchschnittslänge von 7—8 m erhältlich, so daß eine Schwächung des Schiffsverbandes infolge einer etwas kürzeren Länge der Planken gegenüber der bisherigen Anwendung kaum in die Wagschale fallen wird, die man andererseits auch gegebenenfalls durch eine entsprechende Längsverstärkung ohne nennenswerte Kosten leicht kompensieren könnte.

Es wäre sicherlich wirtschaftlich, hölzerne Schuten, Jollen, Fischkutter, Oderkähne, alle Arten hölzerner Fluß- oder Kanalschiffe für Kohlen-, Erz- und Steintransporte aus imprägniertem Holz, wie Rotbuche oder Kiefer, zu bauen.

Bei einem hölzernen Fischkutter von 15—20 m Länge, der anstatt aus Eichenholz aus imprägnierter Rotbuche oder Föhre erbaut würde, wäre nach oberflächlicher Rechnung eine Ersparnis von ca. 1000 Mk. zu erzielen.

Ferner würde man das für die — in der Hauptsache aus Eisen erbauten — Fahrzeuge, wie: Chalands für Pferdetransport, Bergungsdampfer, Eisbrecher, Schleppkähne, Seeleichter, Werkstättenschiffe und Frachtdampfer benötigte Holzmaterial größtenteils sehr gut aus den mit Teeröl imprägnierten Hölzern herstellen und somit diese Schiffe um ein beträchtliches billiger bauen können.

Die größeren Frachtdampfer haben bis zu 80 cbm Holz als Wegerung für die Laderäume und Kohlenbunker. Nach Tabelle II würde also die imprägnierte Rotbuche gegenüber Föhre (mit Karbolineum angestrichen) eine Ersparnis von 464 Mk. pro Jahr bringen. Die Lebensdauer der mit Teeröl imprägnierten Rotbuche nach den Erfahrungen mit Eisenbahn-

schwellen mit 30 Jahren angenommen [1]), ergibt für diese Zeit eine Gesamtersparnis von 14000 Mk. pro Schiff.

Würde man z. B. die Decks, Wegerung, Scheuerleisten, Grätings für Trossen und Pollerunterlagen eines eisernen Eisbrechers von 30 bis 40 m Länge anstatt aus Eiche oder Teak aus imprägnierter Rotbuche und Föhre erbauen, so würde sich auch hierbei, roh gerechnet, immerhin eine Ersparnis von 2—3000 Mk. erzielen lassen.

Die Amerikaner sind uns in dieser Beziehung zuvor gekommen. Wir entnehmen dem „Report of Proceedings Eighth Annual Meeting" der American Wood Preservers Association, Chicago 1912, daß schon im Jahre 1900 zuerst kreosotierte Barken aus Yellow-pine von der New Orleans Office of the U. S. Engineer Corps gebaut wurden, und daß dieselben nach 12 Jahren noch so gut erhalten waren, daß man als weitere Lebensdauer noch 10—12 Jahre annehmen kann. Beachtenswert ist folgende Kostentabelle von Erztransportbarken aus rohem wie getränktem Holz und aus Stahl, die ersehen läßt, daß die imprägnierten Barken gegenüber den rohen eine Kostenersparnis von ca. 35%, gegenüber den Barken aus Stahl, eine solche von 115% bringen.

Vergleichende Kostenübersicht von Erztransport-Barken aus verschiedenen Baustoffen.

Länge 30 m, Breite 6 m, Höhe 1,38 m.

Kosten	Douglas Fir		Yellow Pine		Stahl
	unbehandelt, Lebensdauer 15 Jahre	getränkt mit 172 kg/cbm Teeröl, Lebensdauer 20 Jahre	unbehandelt, Lebensdauer 15 Jahre	getränkt mit 225 kg/cbm Teeröl, Lebensdauer 22 Jahre	Lebensdauer 25 Jahre
	Mk.	Mk.	Mk.	Mk.	Mk.
Ursprüngliche Kosten	5040,—	6300,—	5460,—	6930,—	16800,—
Gesamt-Reparaturen .	4594,80	1680,—	4594,80	2940,—	1680,—
5% Zinsen vom Anlagekapital	3780,—	6300,—	4095,—	7623,—	21000,—
5% Zinsen der Reparaturkosten	1432,20	525,—	1432,20	525,—	525,—
Gesamtkosten	14847,—	14805,—	15582,—	18018,—	40005,—
Jährliche Kosten einer Barke	989,8	740,25	1038,8	819,—	1600,20
Jährliche Ersparnis im Vergleich zu der teerölgetränkten Barke aus Douglas Fir	249,55	—	298,55	78,75	859,95

[1]) Diese Erfahrungen (vgl. Geh. Baurat Schneidt, „Die Beschaffung und Verwendung buchener Eisenbahnschwellen" in Glasers Annalen 1910, Nr. 785) sind hierher übertragbar, da die Oberbauschwellen der Eisenbahnen in gleicher Art, vielleicht noch stärker den wechselnden Witterungseinflüssen, Nässe und Trockenheit, Frost und Hitze, ausgesetzt sind als die Schiffskörper und ihre Decks.

Schließlich sei noch auf das Salzen der Schiffe hingewiesen, das nach den Vorschriften des Germanischen Lloyds den Schiffen eine um ein Jahr längere Klasse einträgt.

Nach Angabe des Germanischen Lloyds wird das Salzen hölzerner Schiffe heutzutage seltener ausgeführt als früher, als noch größere Holzschiffe gebaut wurden. Von den bei dem Germanischen Lloyd klassifizierten hölzernen Seeschiffen werden kaum 10% gesalzen. In vereinzelten Fällen werden die Schiffe, erst nachdem sie einige Reisen gemacht haben, gesalzen.

Das Salzen geschieht meistens durch Bestreichen während des Baues mit einer einfachen Auflösung von Kochsalz, bei größeren Schiffen durch Schütten von Salz besonders zwischen die Inhölzer, wobei zum Stützen des Salzes Klötze zwischen den Inhölzern angebracht werden.

Wenn schon bei dieser einfachen Konservierungsmethode, die das Salzen darstellt, die Klassendauer der Holzschiffe um ein Jahr größer wird, so ist wohl anzunehmen, daß die durch und durch mit Teeröl getränkten Holzschiffe eine um mehrere Jahre längere Klasse erhalten werden, sobald sich die Klassifikations-Gesellschaften von der günstigen Wirkung der Teerölträukung überzeugt haben.

F. Hochbau.

Von Dr. **Fritz Peters**-Berlin.

I. Vorbemerkungen.

Sowohl für die Entwicklung der holzzerstörenden Pilze aus Sporen wie aus Myzelien ist neben einem gewissen Wärmegrad, der normalerweise in jedem Hause vorhanden ist, ein gewisser Feuchtigkeitsgehalt des Substrates, also des Holzes, Voraussetzung. Diese letztere Voraussetzung für ihr Gedeihen finden die Pilze im allgemeinen bei der heute geübten Bauweise. Das in den Hausbauten zum Einbau kommende Holzmaterial ist kaum jemals lufttrocken. Namentlich das Balkenholz enthält beim Verbau noch beträchtliche Wassermengen, da es naturgemäß schwerer austrocknet als Bretter, Leisten usw. Nach Schaffnit[1] enthalten derartige Wasserhölzer bis zu 60% Feuchtigkeit[2].

Wird bei dieser Sachlage, wie es in unserer modernen Zeit fast die Regel geworden ist, mit dem Verlegen der Fußböden und dem Anstrich derselben vorzeitig begonnen, so kann das einmal durchfeuchtete Holz nicht austrocknen und es entstehen unter den Dielungen usw. mit Wasserdampf erfüllte, vor Zugluft und Tageslicht geschützte Räume, in denen die Entwicklung der holzzerstörenden Pilze besonders begünstigt wird.

[1]) Vgl. Schaffnit „Zur Bekämpfung von Hausschwamm und Trockenfäule nach neueren Gesichtspunkten" Baugewerks-Zeitung, 43. Jahrg., Nr. 5.

[2]) Vgl. Möller, Hausschwamm-Forschungen. Jena, Gustav Fischer. 1909. III. Heft Seite 135.

Selbst unter der Annahme, daß sämtliches Hochbauholz in lufttrockenem Zustand eingebaut wird, läßt es sich unter normalen Verhältnissen oft nicht verhindern, daß eine nachträgliche Durchfeuchtung auch dieses lufttrockenen Baumaterials – namentlich der Balkenköpfe – eintritt, durch die in jeden Neubau mit dem Mörtel usw. hineingebrachten beträchtlichen Wassermengen. Nach Schaffnit sollen im Durchschnitt 5 cbm Wasser auf 100 cbm Mauerwerk kommen. Dazu tritt die mehr oder weniger häufige Durchnässung durch atmosphärische Niederschläge, solange das Gebäude noch im Rohbau steht und nicht unter Dach gebracht ist. Beim Verputzen des Mauerwerks, sowie durch leichtfertige Bauweise, wie mangelhafte Isolierung des Fundamentmauerwerks gegen aufsteigende Bodenfeuchtigkeit oder Verwendung feuchten Füllmaterials, gelangen oft weitere beträchtliche Wassermengen in die Neubauten.

Die Gefahr der Zerstörung des für die Zwecke des Hausbaues verwendeten Holzmaterials durch Pilze ist aber auch dann noch vorhanden, wenn aus einem Neubau im Laufe der ersten Jahre die ursprünglich vorhandenen übermäßigen Feuchtigkeitsmengen verdunstet sind, ohne daß sich in dieser Zeit bemerkenswerte Schwammschäden gezeigt haben. Durch nachträgliches Durchnässen gewisser Holzpartien, sei es veranlaßt durch Undichtwerden des Daches, durch Unachtsamkeit der Hausbewohner oder durch gelegentliche Wasserleitungsschäden kann die Entwicklung holzzerstörender Pilze verursacht werden. In Waschküchen und anderen Räumen, in denen starke Wasserdampfentwicklung stattfindet, kann die Durchfeuchtung von Holzteilen durch Kondensationswasser eine Verschwammung herbeiführen. Begünstigt wird die Bildung von Kondensationswasser durch das Fehlen von Doppelfenstern und Isolierwänden.

Nach Mez[1]) scheint der Hausschwamm in den Wohngebäuden seit etwa 150 Jahren immer häufiger aufzutreten. Schon Accum[2]) stellte 1827 fest, daß nach allgemeiner Ansicht der Bautechniker das Auftreten dieses Pilzes seit 1777 bedeutend zugenommen habe und 1885 liest man bei Goeppert-Poleck[3]), daß die Hausschwammplage Dimensionen angenommen habe, wie sie früheren Generationen unbekannt waren. Nach den Beobachtungen von Mez[4]) und v. Tubeuf[5]) hat sich dieses Übel in den letzten Dezennien ständig weiter verbreitet. Jedenfalls ist nach ihrer Ansicht von einem Rückgang der Kalamität keine Rede. Im Gegensatz zu diesen Autoren vertritt Wehmer[6]) den Standpunkt,

[1]) Vgl. Mez „Der Hausschwamm" S. 175 u. folg. (Rich. Linke, Dresden, 1908).

[2]) Vgl. Accum „Physische und chemische Beschaffenheit der Baumaterialien" S. 161 u. folg. (Reimer, Berlin 1827).

[3]) Vgl. Goeppert-Poleck „Der Hausschwamm, seine Entwicklung und Bekämpfung", S. 1, 5. (Kern, Breslau 1885).

[4]) Vgl. Mez „Der Hausschwamm" S. 176.

[5]) Vgl. Hartig-v. Tubeuf „Der echte Hausschwamm". 2. Aufl., S. 69. (Springer, Berlin 1902). Vgl. auch Hausschwammforschungen Heft 1, Seite 13.

[6]) Vgl. Wehmer „Altes und Neues über den Hausschwamm", Frankfurter Zeitung, Jahrg. 1914, Nr. 47.

daß die Fortschritte der Baukunst den Hausschwamm mit der Zeit völlig verdrängen und Schwammprozesse der Vergangenheit angehören werden.

Aus Vorstehendem erhellt die große Gefahr einer Infektion auch solcher Hochbauhölzer, welche in gesundem, trockenem Zustand zum Einbau gelangten.

Vom hygienischen Standpunkt sind mit Hausschwamm behaftete Wohnungen zu beanstanden [1]), weil der Hausschwamm ein Indikator für gesundheitsschädliche Feuchtigkeitsverhältnisse der Wohnung ist, in zweiter Linie auch noch deshalb, weil bei der Fäulnis größerer Hausschwammwucherungen (namentlich der fleischigen, oft recht großen Fruchtkörper) ekelerregende Gerüche entstehen [2]).

Das in den Häusern verbaute Holzmaterial unterliegt nicht allein der Zerstörung durch Pilze, sondern es ist selbst noch nach Jahren, wenn es völlig ausgetrocknet ist und somit durch Pilze nicht mehr befallen werden kann, den Angriffen holzzerstörender Insekten ausgesetzt. In unserem Klima sind es vor allem die Bohrkäfer bzw. deren Larven, welche die Festigkeit und Tragfähigkeit auch des trockensten Holzes untergraben. In den Tropen kommen zu diesen Zerstörern noch die verschiedenen holzzerstörenden Termiten, welche in kürzester Zeit das gesamte Holzmaterial eines Hauses zerstören können. Die hier in Frage kommenden Insekten stammen zumeist nicht aus dem Walde, sondern gelangen vielmehr von einem Haus in das andere. Fast ausnahmslos macht man die Beobachtung, daß das Holz erst nach einer längeren Reihe von Jahren von ihnen befallen wird.

Die Maßnahmen, welche gegen diese Schädlinge zu ergreifen sind, decken sich im wesentlichen mit denjenigen, welche zur Bekämpfung der holzzerstörenden Pilze angewendet werden müssen.

Ein weiteres Moment, welches in gewissen Fällen gegen die Verwendung größerer Holzmengen in Hochbauten spricht, ist die leichte Entflammbarkeit dieses Baumaterials. Als organische Substanz entwickelt das Holz schon bei verhältnismäßig niederen Hitzegraden brennbare Gase, welche durch die Zersetzung (trockene Destillation) der Holzbestandteile bei diesen Temperaturen gebildet werden. Die Gefahr der schnellen Ausbreitung von vielleicht anfangs unbedeutenden Bränden durch Übergreifen des Feuers auf die hölzerne Dielung, den Dachstuhl oder andere hölzerne Konstruktionen hat in den Fällen, in welchen die betreffenden Gebäude, z. B. wertvolle Sammlungen, Bibliotheken etc. enthalten, oder wie beispielsweise in Warenhäusern und Theatern zumeist große Menschenmassen aufnehmen, dahin geführt, daß den nicht entflammbaren Ersatzstoffen, wie Eisen und Eisenbeton, im Hochbau immer weitere Anwendungsgebiete erschlossen wurden. — Wie später gezeigt werden wird, stellen jedoch auch derartige Konstruktionen bei den hohen Temperaturen, wie sie durch Brände hervorgerufen werden, kein absolut ideales Baumaterial dar. Die Nachteile dieser Bauarten

[1]) Vgl. Hufflands Journal, Bd. 62, S. 6 und Klug „Der Hausschwamm" (Selbstverlag Freiheit-Johannisbad, 1903).

[2]) Vgl. Flügge: „Bedingen Hausschwammwucherungen Gefahren für die Gesundheit der Bewohner des Hauses?" Hausschwammforschungen, H. 1.

sind immerhin so bedeutend, daß in zweckmäßiger Weise gegen leichte Entflammbarkeit imprägnierte Holzkonstruktionen auch in dieser Beziehung mit dem Eisen und Eisenbeton in Wettbewerb treten können.

II. Die Maßnahmen zum Schutz der Bauhölzer gegen Pilze, Insekten und Feuer.

Trotz aller geschilderten Nachteile, welche dem Holze anhaften, ist es doch bisher nicht gelungen, dasselbe als Baumaterial auszuschalten. Die eigenartigen physikalischen Eigenschaften dieses Naturproduktes werden ihm stets eine große Bedeutung sichern. Technische Vorteile gegenüber seinen Konkurrenten verschaffen ihm

1. **seine leichte Bearbeitbarkeit,**
2. **sein geringes spezifisches Gewicht,**
3. **seine hohe Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Beanspruchung jeder Art,**
4. **sein geringer Ausdehnungskoeffizient,**
5. **sein geringes Leitungsvermögen für Wärme und Schall**[1].

Die mit der Konservierung von Bahnschwellen und Leitungsmasten gemachten Erfahrungen sind von ganz außerordentlicher Wichtigkeit für die Herausbildung wirksamer Holzkonservierungsmethoden auch für die Zwecke des Hochbaues geworden.

Es kann an dieser Stelle nicht auf die vielen Verfahren eingegangen werden, welche im Laufe der Zeit zur Konservierung des Holzes vorgeschlagen wurden, bzw. Anwendung gefunden haben. Hier sollen vielmehr nur diejenigen Verfahren und Mittel behandelt werden, welche speziell zum Schutz des im Hausbau verwendeten Holzmaterials in Betracht kommen können, bzw. benutzt worden sind.

1. Die Konservierung des Hochbauholzes ohne antiseptische Mittel.

a) Trocknung.

Wie bereits bemerkt, läßt sich das Holz gegen die Angriffe der holzzerstörenden Pilze widerstandsfähiger machen dadurch, daß man ihm seine Feuchtigkeit möglichst entzieht. Wird das Material bei gewöhnlicher Temperatur an der Luft getrocknet, so erhält man das sog. „lufttrockene Holz". Trocknet man hingegen bei erhöhter Temperatur (ca. 100°), so kann man dem Holz auch noch die letzten Wassermengen entziehen. Das bei gewöhnlicher Temperatur an der Luft getrocknete Holz, welches immerhin noch etwa 15% Feuchtigkeit enthält, kann nicht als konserviert angesprochen werden, da es jederzeit wieder den Angriffen der

[1] Wegen ausführlicher Zahlenangaben vgl. Förster, „Baumaterialienkunde", H. 3 (W. Engelmann, Leipzig 1911). Hubert, „Bauwissenschaft" (Teubner, Leipzig 1910). Lange, „Das Holz als Baumaterial" (C. C. Müller, Holzminden 1874). Mayer, „Technische Tabellen des Holzes als Baumaterial" (Vieweg, Braunschweig 1872). Voss-Gerstäcker, „Bauhölzer" (W. Engelmann, Leipzig u. Berlin 1914).

holzzerstörenden Pilze unterliegen kann. Durch die Trocknung bei gewöhnlicher Temperatur werden weder etwa im Holzinnern bereits vorhandene Schädlinge abgetötet [1]), noch wird einer Neuinfektion in irgendeiner Weise vorgebeugt.

Etwas anders liegen die Verhältnisse, wenn man das Holzmaterial in besonderen Trockenöfen längere Zeit höheren Temperaturen aussetzt. Man kann durch eine solche Behandlung, wenn sie lange genug fortgesetzt wird, ein ziemlich wasserfreies Material erhalten, welches gleichzeitig, je nach der Höhe der Trockentemperatur, in mehr oder weniger hohem Maße sterilisiert worden ist. Bei dieser Erhitzung des Holzes ist aber zu beachten, daß durch Anwendung von Temperaturen über 100° C die Festigkeit der Holzfaser bereits ungünstig beeinflußt wird, ein Umstand, welcher dieses Verfahren der Sterilisierung erheblich einschränkt. Jedoch auch das auf solche Weise sterilisierte Holzmaterial kann, wenn es wieder einen gewissen Feuchtigkeitsgrad erlangt hat, der Zerstörung durch Pilze anheimfallen. Diese Feuchtigkeitsmengen nimmt das Holz infolge seiner hygroskopischen Eigenschaften schon beim Lagern an der Luft, auch selbst in überdecktem Raume, bald wieder auf [2]).

Will man künstlich getrocknete Hölzer einigermaßen wirksam auf die Dauer schützen, so muß man dieselben, nachdem sie den Trockenprozeß durchgemacht haben, allseitig mit einem kräftigen Antiseptikum bestreichen, damit einer Neuinfektion nach Möglichkeit vorgebeugt wird. Man hat früher geglaubt, daß, wenn man beispielsweise bei Anwendung von Holzfeuerung die heißen Gase direkt über das im Trockenofen befindliche Holz leitete, dieses schon durch die in den Rauchgasen enthaltenen antiseptischen Stoffe (bei Holzfeuerung, z. B. Essigsäure, Phenole etc.) eine Konservierung erführe. Dem ist jedoch nicht so. Ganz abgesehen davon, daß die erwähnten Stoffe nur in relativ geringen Mengen in den Rauchgasen enthalten sind, findet eine Konservierung schon deshalb nicht statt, weil die Antiseptika von der Oberfläche des Holzes, mit welcher sie ausschließlich in Berührung kommen, sehr leicht wieder abgewaschen werden, bzw. sich verflüchtigen. Als weitere schwerwiegende Nachteile der künstlichen Holztrocknung sind zu nennen die Langwierigkeit des Verfahrens und die starke Rißbildung, welche bei seiner Anwendung nicht zu vermeiden sind.

b) Anstriche als Luftabschluß.

Die gebräuchlichsten Konservierungsmittel für alle nicht vollständig eingebauten Holzteile sind gut deckende Anstriche. Die Konservierung

[1]) Nach Prof. Falck (Hausschwammforschungen 6. Heft Seite 235) halten sich Hausschwamm-Sporen, trocken aufbewahrt, bis zu 3 Jahren keimfähig. Durch Austrocknen schwammkranker Holzteile an der Luft wird in der Regel ein vollständiges Absterben des Myzels erreicht (Seite 247 der Hausschw.-Forsch. 6. Heft). — Hartig nimmt ebenfalls an, daß der Schwamm mit dem Eintrocknen des Holzes abstirbt, während Mez gefunden hat, daß er jahrelang auch in völlig ausgetrocknetem, absolut lufttrockenem Holz lebendig bleiben kann.

[2]) Nach Prof. Falcks Beobachtungen (Hausschw.-Forsch. 6. Heft Seite 311) hatte vom Hausschwamm befallenes Dielenholz in Gebäuden einen Feuchtigkeitsgehalt von 15,1 u. 15,2 %; das von Trockenfäule befallene einen Feuchtigkeitsgehalt von 9,5 u. 15,2 %.

des Holzes durch Abschluß desselben von Luft und Feuchtigkeit mittelst entsprechender Anstriche wird namentlich bei solchen Holzteilen, die leicht in trockenem Zustande zu erhalten sind und bei denen der Anstrich ohne Schwierigkeit ausgeführt bzw. erneuert werden kann, mit Erfolg angewendet. Türen, Fensterhölzer, Paneele etc. sind durch luftabschließende Anstriche gegen Fäulnis in einfacher Weise zu schützen. Unzweckmäßig ist jedoch diese Methode des Holzschutzes bei Hölzern, die nicht frei zutage liegen, wie Balkenkonstruktionen in den verputzten Decken der Wohngebäude. Eine solche undurchlässige Umhüllung des Holzmaterials wirkt direkt schädlich, wenn das letztere nicht zum mindesten absolut lufttrocken ist. In solchen Fällen wird dann nicht nur kein Schutz des Holzes durch den Anstrich erzielt, sondern es wird im Gegenteil die Zersetzung des Holzkörpers noch wesentlich beschleunigt, da das in ihm noch vorhandene Wasser dann nicht verdunsten kann und die Zersetzung von innen heraus noch begünstigt.

Die bekanntesten und weitaus am häufigsten verwendeten Holzanstrichmittel, welche keine besonderen pilztötenden Eigenschaften besitzen, sondern allein durch Luft- und Feuchtigkeitsabschluß wirken, sind Terpentinöl, Leinöl, Leinölfirnis, Ölfarbe, sowie Holzfirnisse aller Art. Mittel von besonderer Zusammensetzung sind z. B. die unter den Bezeichnungen schwedischer, finnischer und russischer Anstrich bekannten Gemische von Mehl, Heringslake, Milch, Käse, Schlemmkreide, Eisenvitriol etc., meist hergestellt unter Zusatz eines mineralischen Farbstoffs. Außer diesen Anstrichen sind natürlich eine Menge anderer gebräuchlich, von deren Aufzählung jedoch hier Abstand genommen werden soll.

Eine Reihe von Verfahren suchte Luft und Feuchtigkeit von den vor Fäulnis zu schützenden Hölzern dadurch fernzuhalten, daß sie in der Holzsubstanz oberflächliche, unlösliche Niederschläge durch aufeinanderfolgendes Eintauchen des Holzmaterials in die wässerigen Lösungen zweier sich gegenseitig in bestimmter Weise umsetzender Chemikalien erzeugten. Eine irgendwie nennenswerte Anwendung haben jedoch diese Verfahren nicht gefunden, da das erzielte Resultat in keinem Verhältnis zu der aufgewendeten Arbeit und den dadurch bedingten Kosten stand.

Gleich unbefriedigend waren die Resultate, welche erzielt wurden, als man, um ein tieferes Eindringen solcher Salzlösungen zu erreichen, dieselben unter Anwendung von Druck in das Holz hineinpreßte. Soll nämlich die zweite Salzlösung mit der ersten einen unlöslichen Niederschlag im Holz zwecks „Versteinerung" oder „Metallisierung" desselben bilden, so müßte sie gerade so gut eindringen als die erste. Das ist jedoch unmöglich, da der gebildete unlösliche Niederschlag schon die Poren der äußersten Holzschichten verstopft und daher ein nennenswertes Eindringen der zweiten Lösung verhindert [1]).

e) Auslaugung.

Von anderen Gesichtspunkten gehen diejenigen Verfahren aus, welche dem Holzmaterial dadurch eine längere Lebensdauer verleihen

[1]) Vgl. auch Netzsch, „Die Bedeutung der Fluorverbindungen für die Holzkonservierung", Dissertation, München 1909, S. 151.

wollen, daß sie demselben die wasserlöslichen Bestandteile durch Auslaugung zu entziehen suchen. Zu der Zeit, als man noch der Meinung war, daß der Zellsaft die Zersetzung des Holzes bewirke, hielt man die vollständige Entfernung desselben oder die Überführung der darin enthaltenen Eiweißkörper in unlöslichen, koagulierten Zustand für die wirksamsten Methoden der Holzkonservierung. Nachdem man aber zu der Erkenntnis gelangt ist, daß die Zerstörung der Holzsubstanz auf die Tätigkeit von Pilzen zurückzuführen ist, welche die Zellulose selbst zu zerlegen und sich als Nährstoff nutzbar zu machen vermögen, können diese Behandlungsweisen des Holzes als Konservierungsmethoden nicht mehr angesprochen werden. Die höchste durch dieselben theoretisch erreichbare Wirkung besteht in der Entfernung der wasserlöslichen Bestandteile, bzw. beim Dämpfen, außerdem in der Koagulierung der Eiweißstoffe. Diese Wirkungen der in Rede stehenden Verfahren dürfen jedoch, selbst wenn sie in weitgehendstem Maße erreicht würden, nicht überschätzt werden, da die Hauptgefahr für die Zerstörung des Holzes, der Befall desselben durch holzzerstörende Pilze, auf diese Weise nicht abgewendet werden kann [1]).

Eine teilweise Auslaugung der wasserlöslichen Holzbestandteile findet meist ohne besondere Absicht nebenher beim Flößen des Holzes statt. Bildet die Auslaugung den Hauptzweck, so wird das Holz mit dem Stammende stromaufwärts in fließendes Wasser eingelagert. Durch das Auslaugen wird das Holz insofern günstig beeinflußt, als die Neigung zum Reißen und Schwinden vermindert wird, andererseits leidet aber die Festigkeit des Holzes durch die Einlagerung im Wasser [2]). (Vgl. III. Teil „Einfluß des Wassergehalts auf die Festigkeit"). Die so häufig vorgebrachte Ansicht, verbautes Floßholz sei gegen die Angriffe des Hausschwammes besonders widerstandsfähig, ist bisher nicht bewiesen [3]).

Noch weniger Wirkung als durch Flößen wird durch Dämpfen des Holzes erzielt.

Als besonderer Vorteil, den das Dämpfen des Holzes bieten soll, wird in der Literatur vielfach die Koagulierung der im Holz enthaltenen Eiweißstoffe hervorgehoben. Demgegenüber sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, daß der Eiweißgehalt des Holzes ein so geringer ist, daß ein irgendwie nennenswerter Erfolg für die Holzkonservierung selbst dann nicht gegeben wäre, wenn die gesamte Menge des Eiweiß koaguliert würde. Werden jedoch Hölzer von einigermaßen größeren Dimensionen dem Dämpfungsprozeß unterworfen, so erstreckt sich die Auslaugung und Koagulierung der Eiweißkörper nur auf die alleräußersten Schichten des Holzes [4]).

Eine ähnliche Wirkung wie dem Dämpfen des Holzes wird dem anhaltenden Kochen in offenen Gefäßen zugeschrieben.

[1]) Vgl. Netzsch „Die Bedeutung der Fluorverbindungen für die Holzkonservierung" S. 150.

[2]) Janka, Mitteilungen aus dem forstl. Versuchswesen Österreichs (Wien 1907), Einwirkung von Süß- und Salzwasser usw., S. 65.

[3]) Vgl. hierzu auch Mez, „Der Hausschwamm", S. 235.

[4]) Vgl. Malenković, „Die Holzkonservierung im Hochbau", S. 208. Vgl. Tuszon, „Anatomische und mykologische Untersuchungen über die Zersetzung und Konservierung des Rotbuchenholzes", S. 76 u. folg. (Springer, Berlin 1905).

2. Die Konservierung des Hochbauholzes mit antiseptischen Mitteln.

a) Anstriche.

Ein Anstrich kann, falls die ihm innewohnende fungizide Kraft hoch genug ist, einer von außen kommenden Neuinfektion eines Holzstückes vorbeugen, solange er dessen Oberfläche gleichmäßig bedeckt. Mit dem Augenblick jedoch, in welchem z. B. durch das nachträgliche Auftreten von Luftrissen der innere Holzkörper freigelegt wird, versagt diese Schutzmethode, da sodann die Holzzerstörer ungehindert an die unter der Oberfläche liegenden, ungeschützten Holzpartien gelangen können[1]). Absolut ohne Wirkung ist jeder Anstrich, mag er im übrigen noch so hohe antiseptische Eigenschaften besitzen, wenn in dem zu schützenden Holzmaterial bereits vor dem Streichen Sporen bzw. Myzelien holzzerstörender Pilze vorhanden waren. Ein weiterer Nachteil dieser oberflächlichen Behandlungsweise des Holzes besteht darin, daß derartige Anstriche leicht abgewaschen, ausgelaugt oder mechanisch abgenutzt werden können.

b) Eintauch- und ähnliche Verfahren.

Fast ebenso wie vorstehend geschildert liegen die Verhältnisse bei Anwendung derjenigen Behandlungsarten, welche einen Schutz des Holzes durch bloßes Einlagern desselben in konservierende Flüssigkeiten bewirken wollen. Auch in diesen Fällen ist die erzielte Durchdringung der Holzfaser eine ganz ungenügende. Auf die Tiefe derselben hat man keinerlei entscheidenden Einfluß.

Ähnlich unvollkommen sind diejenigen Konservierungsmethoden, welche die Imprägnierung des Holzes durch Kochen in der Imprägnierflüssigkeit und ev. darauf folgendes Erkalten in derselben bewirken wollen. Es sei zugegeben, daß trockene Hölzer von kleinen Dimensionen unter Umständen nach diesen Kochverfahren eine befriedigende Durchtränkung erfahren können. Bei einigermaßen größeren Stücken, sowie solchen, welche noch einen hohen Feuchtigkeitsgrad besitzen, führen diese Verfahren nicht zum Ziel.

c) Vakuum-Druck-Verfahren.

Die besten Ergebnisse auf dem Gebiete der Bauholzkonservierung sind zu erwarten, wenn das zum Einbau kommende Holzmaterial auf dem Wege einer sachgemäß durchgeführten Imprägnierung unter Anwendung von Vakuum und Druck mit hoch antiseptischen und kon-

[1]) Prof. Falck (vgl. Hausschwamm-Forsch. Heft 6 Seite 391—398) hält einen Oberflächenanstrich mit Dinitrophenolnatrium, der kurz nach dem Fällen und nach jedesmaligem Freilegen neuer Wundflächen eines Stammes aufgebracht wird, für einen unbedingten Schwammschutz und nimmt an, daß die Lösung bei Regen auch in die nach dem Anstrich entstandenen Trockenspalten eindringen und so auch die in die Spalten gelangten Fäulniskeime abtöten wird.

servierenden Stoffen durchtränkt wird [1]). Von den üblichen Bauhölzern läßt sich Kiefernholz am besten — bis auf den Kern — imprägnieren, die übrigen Nadelhölzer dagegen nur in den äußeren Schichten. Während der Imprägnierung sind die Hölzer zumeist Temperaturen von etwa 70—90° C ausgesetzt. Etwaige Fäulniskeime im Holz werden durch diese Temperaturen im allgemeinen abgetötet.

Der Vakuum-Druckimprägnierung stand bisher oft der Umstand hindernd entgegen, daß das zu tränkende Holzmaterial einer Imprägnieranstalt zugeführt werden mußte, ein Umstand, der mitunter derartige Kosten verursachte, daß von dieser wirksamsten aller Schutzmaßregeln leider Abstand genommen wurde. Nachdem aber neuerdings die Frage der Konservierung der Hochbauhölzer akut geworden ist, hat man mit dem Bau fahrbarer Imprägnieranstalten begonnen, welche gestatten, das Holzmaterial an der Verbrauchsstelle selbst zu behandeln. Es existiert in Deutschland bereits eine derartige Anlage, welche speziell für die Imprägnierung von Bauhölzern bestimmt ist (Abb. 201) und von der Firma Bauholzkonservierung G. m. b. H. zu Berlin betrieben wird [2]).

Je nach der Wahl der zur Anwendung kommenden Imprägniermittel, sowie der Aufnahme der Hölzer an diesen, belaufen sich die Kosten der Imprägnierung verschieden hoch (etwa 10,00 M cbm). Ganz allgemein kann jedoch behauptet werden, daß dieselben wenigstens bei größeren Gebäuden minimal sind im Verhältnis zu den Vorteilen, welche dem Bauherrn aus der Anwendung derartig sachgemäß imprägnierten Holzmaterials erwachsen. Wo die wirtschaftlichen Verhältnisse eine Imprägnierung nicht zulassen, wo z. B. eine Imprägnier-Anlage nicht in der Nähe und das Herbeischaffen einer fahrbaren Anlage wegen einer allzu kleinen Holzmenge nicht lohnend ist, da ist man auf antiseptische Anstriche angewiesen; ebenso des öfteren bei Schwamm-Sanierungen in bereits vorhandenen Gebäuden.

III. Konservierungsmittel zum Schutz gegen Fäulnis und holzzerstörende Insekten.

Die Zahl der Stoffe, welche als Anstrich- bzw. Imprägniermittel für Bauhölzer empfohlen und angewendet werden bzw. angewendet worden sind, ist eine sehr große. Einmal gehören hierzu marktgängige Stoffe wie Karbolineum, Teeröl, Karbolsäure, Petroleum usw., zum anderen Spezialpräparate, die unter besonderen Namen in den Handel gebracht werden.

1. Spezifische Anstrichmittel.

Erwähnt sei als erstes das dem Dr. Zerener in Magdeburg im Jahre 1878 durch Deutsches Reichspatent (Nr. 378) geschützte „Anti-

[1]) Vgl. Mez „Der Hausschwamm", S. 241 u. Merkblatt zur Hausschwamm-Frage 1913 (Hausschwamm-Forschungen, Heft 7 Nr. XI). Dort heißt es: „Wo die wirtschaftlichen Verhältnisse es zulassen, ist eine mehr oder weniger vollständige Durchtränkung der Hölzer mit der pilztötenden Flüssigkeit nach dem in der Technik ausgebildeten Verfahren zu empfehlen".

[2]) Vgl. Dietrich, „Eine Imprägnierungsanstalt für Nutzhölzer", Bauwelt, Februar 1912.

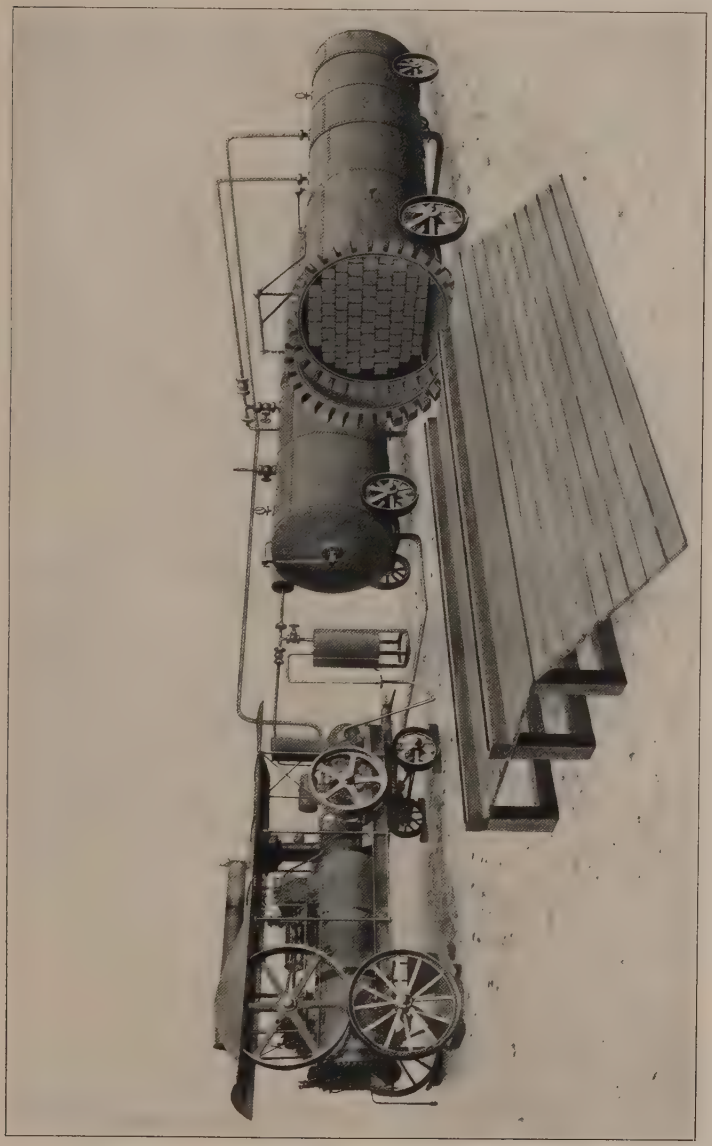


Abb. 201. Fahrbare Anlage zum Imprägnieren von Bauholz.

merulion"[1]). Dieses Präparat wurde s. Zt. sowohl als Pulver, als auch als Flüssigkeit in den Handel gebracht. In trockenem Zustand sollte es zur Umhüllung von Balken oder als Beimischung zur Fußbodenfüllung als vorbeugendes Mittel gegen Schwammbefall Verwendung finden. In diesem festen Zustande bestand es nach Heinzerling[2]) aus Kieselgur, welche Zusätze von Chlornatrium (6%) und Borsäure (3%) enthielt. Die Idee, welche dem Erfinder bei Herstellung seines Mittels vorschwebte, war die, daß die hygroskopische Infusorienerde etwa vorhandene oder auftretende Feuchtigkeit aufsaugen sollte. Für den Fall, daß einmal mehr Feuchtigkeit vorhanden wäre, als von der Kieselgur aufgesaugt werden konnte, sollten die pilzwidrigen Stoffe Kochsalz und Borsäure in Aktion treten und die schädlichen Wirkungen der Feuchtigkeit so lange paralysieren, bis letztere wieder verschwunden und die Kieselerde wieder von neuem befähigt wäre, Feuchtigkeit aufzunehmen.

Die außerdem von Zerener unter dem obigen Namen zur Bekämpfung vorhandenen Schwammes in den Handel gebrachte Flüssigkeit bestand aus Wasserglas, welchem 6% Kochsalz und 7% Borsäure hinzugefügt worden waren[3]). Diese Lösung wurde empfohlen zum Bestreichen des Holzwerkes und sollte durch ihren Gehalt an Kochsalz und Borsäure in der Tiefe wirken, während das Wasserglas durch Verstopfung und Verklebung der Holzoberfläche einen Schutz gegen eine etwaige Neuinfektion der bestrichenen Hölzer bieten sollte.

Unter der Bezeichnung „Mycothanaton" waren nach Heinzerling eine ganze Reihe von Präparaten im Handel, sie wurden u. a. von Herrmann[4]), Pollack[5]), Miller[6]) und Vilain & Co. in Berlin hergestellt.

Vilains Mycothanaton bestand nach einer Analyse von Jegel[7]) im wesentlichen aus einer mit Schwefelsäure versetzten und mit Lackmus rot gefärbten Kochsalzlauge, welche wahrscheinlich ein Abfallprodukt der Staßfurter Kalisalzfabriken darstellte.

Herrmanns Mycothanaton soll nach einer Untersuchung von Ballo[8]) im wesentlichen aus Bittersalzlauge, der etwas rohe Salzsäure sowie Kupfervitriol hinzugesetzt wurden, bestanden haben.

Die Zusammensetzung des „Antifungin" genannten Präparates gibt Andés[9]) zu 20% Borax, sowie 80% Borsäure und Schwefelsäure an.

Klippels „House preservatory" besteht aus einer wässerigen Alkaliphenolatlösung.

„Antigermin" wurde früher von den Elberfelder Farbwerken hergestellt und bestand aus dem Kupfersalz des Dinitro-o-kresols.

[1]) Vgl. H. Zerener, Industrieblätter 1878, S. 305.
[2]) Vgl. Heinzerling, „Die Konservierung des Holzes", S. 40.
[3]) Vgl. Heinzerling, „Die Konservierung des Holzes", S. 40.
[4]) Vgl. Just, Jahresberichte 1877, S. 869.
[5]) Vgl. Gottgetreu, Baumaterialien 1880, Bd. 1, S. 539.
[6]) Vgl. Dorn, „Der Haus- und Gebäudeschwamm", S. 129.
[7]) Vgl. Jegel, Deutsche Bauzeitung 1876, S. 171, Wagners Jahresberichte 1876, S. 1093.
[8]) Vgl. Ballo, Dinglers Journal, Bd. 222, S. 284.
[9]) Vgl. Andés, „Das Konservieren des Holzes", S. 184. (Hartleben, Wien, Pest, Leipzig 1895.)

Das von der Firma Rosenzweig & Baumann, Kassel, früher hergestellte „Mikrosol" enthielt nach Angabe in der Pharmazeutischen Zentralhalle (Jahrg. 43, S. 389) neben Kupfersulfat, freie Säure und ein organisches Kupfersalz.

„Antipolypin" wird nach Malenković [1]) von der Firma Victor Adler in Wien in den Handel gebracht. Es soll 40% β-Naphtol, 20% Natriumhydrat und 40% Fluornatrium enthalten.

Von der chemischen Fabrik Flörsheim werden als Schwammbekämpfungsmittel angepriesen:

„Barol", ein gekupfertes, fette Öle enthaltendes Karbolineum, ferner „Xylam", „Zymosan" und „Antorgan". Das letztere Mittel enthält die ammoniakalische Lösung eines Alkalichromates.

Das durch deutsches Reichspatent (Nr. 228 513) geschützte „Kulba" genannte Mittel von Hartmann und Schwerdtner stellt eine alkalische Natriumzinkatlösung dar.

Verbindungen des Fluors sind in folgenden Präparaten enthalten:

„Kronol" (früher „Montanin" bzw. „Montaninfluat") der Chemischen Fabrik „Montana" zu Strehla an der Elbe [2]).

Nach Netzsch [3]) wird die Desinfektionskraft des Präparates bedingt durch die in ihm enthaltene freie Kieselfluorwasserstoffsäure, doch sollen auch Salze derselben zugegen sein.

„Keramit", fabriziert von der chemischen Fabrik Humann & Teisler in Dohna bei Dresden wird nach Angabe des obigen Autors als helle, fast farblose Flüssigkeit von ca. 40° Bé in den Handel gebracht. Die wirksamen Bestandteile sollen Kieselfluorzink und Kieselfluorwasserstoffsäure sein. Das „Murolineum" soll dem „Keramit" sehr ähnlich sein, aber keine freie Säure enthalten.

Eine weitere Anzahl recht wirksamer Mittel enthält als fungiziden Bestandteil nitrierte Phenole bzw. deren Salze.

Das älteste von ihnen dürfte das „Antinonnin" der Elberfelder Farbwerke sein. Es enthält das Alkalisalz des Orthodinitrokresols, welches mit Seife und Glyzerin zu einer Paste angerührt ist, um die explosiven Eigenschaften des reinen Alkalisalzes zurückzudrängen [4]). Preis der 50% Paste nach Falck (Hausschw.-Forsch. 6. Heft S. 352) 7,00 M/kg.

Ein ähnliches Präparat, „Raco" genannt, wird von der Firma R. Avenarius & Co., Hamburg, fabriziert. Auch hier ist die fungizide Wirkung zurückzuführen auf die Verwendung eines Dinitrokresols [5]). Das Präparat kommt, wie das „Antinonnin", in Form einer Paste in den Handel, da es in trockenem Zustande explosive Eigenschaften besitzt.

[1]) Vgl. Malenković, „Die Holzkonservierung im Hochbau", S. 285.
[2]) Vgl. Malenković, „Die Holzkonservierung im Hochbau", S. 283.
[3]) Vgl. Netzsch „Die Bedeutung der Fluorverbindungen für die Holzkonservierung", S. 48 u. f.
[4]) Vgl. Pharmazeutische Zentralhalle, Jahrg. 33, S. 468, 545; Jahrg. 34, S. 114 u. 454 und Hausschw.-Forsch. 1912, Heft 6 Seite 352.
[5]) Vgl. Wehmer, „Altes und Neues über den Hausschwamm", Frankfurter Zeitung 1914, Nr. 54 und Hausschw.-Forsch. Heft 6 Seite 353.

Ebenfalls aus dem Alkalisalz eines Dinitrophenols besteht das „Mikrosol H" der Firma Rosenzweig & Baumann, Kassel. Nach Falck [1]) liegt diesem Mittel ein unreines 3,5-Dinitro-o-Kresol zugrunde, welches mit einer lysolartigen, wasserlöslichen Substanz zu einem Brei angerührt ist. Preis der Paste nach Falck 9,00 M/kg.

Zum Schluß sei noch das neuerdings von Falck empfohlene „Mycantin" erwähnt [2]), welches als wirksames Prinzip das 2,4-Dinitrophenolnatrium enthält, dem zur Herabminderung der ihm innewohnenden explosiven Eigenschaften Sulfitablauge (aus der Zellstoffabrikation) hinzugesetzt wird. Das Präparat wird seit etwa einem Jahr von den Höchster Farbwerken als eine ca. 30% Dinitrophenolnatrium enthaltende Paste in den Handel gebracht. Preis der 100% Paste nach Falck 2,00 M/kg.

Allen diesen letzthin aufgeführten Mitteln wohnt eine hohe keimtötende Kraft inne, welche bedingt ist durch ihren Gehalt an nitrierten Phenolen bzw. deren Salzen. Sie kommen aber sämtlich nur für Anstriche in Frage, da sie viel zu teuer sind, als daß sie in ökonomischer Weise für die Imprägnierung des Holzes unter Vakuum und Druck Anwendung finden könnten. Die Kosten für 1 qm Anstrich einschließlich Arbeitslohn hängen von dem Preise der Anstrichmasse, von der Art und Oberfläche des Holzes, von den ortsüblichen Löhnen und der Ergiebigkeit des Anstrichs ab.

Mit dieser Zusammenstellung soll die Liste der Anstrichmittel geschlossen und nunmehr zu denjenigen Stoffen übergegangen werden, welche für Imprägnierzwecke vorgeschlagen worden sind.

2. Die eigentlichen Imprägnierungsmittel.

Ein für die Imprägnierung von Bauhölzern zu empfehlendes Konservierungsmittel soll möglichst den folgenden Anforderungen genügen:

a) es muß von so hoher fungizider und insektizider Wirkung sein, daß es das behandelte Holzmaterial sicher vor den Angriffen holzzerstörender Pilze und Insekten schützt,
b) es muß dauernd im Holze seine hohe Wirksamkeit behalten. Besonders schwer löslich wird es bei Hochbauhölzern im allgemeinen nicht zu sein brauchen, da dieses Holzmaterial weniger als beispielsweise Eisenbahnschwellen und Telegraphenstangen der Durchnässung durch atmosphärische Niederschläge ausgesetzt ist,
c) es darf die physikalischen Eigenschaften des Holzes nicht ungünstig beeinflussen und muß sich gleichfalls indifferent gegen Metalle, insbesondere Eisen, verhalten,
d) das Mittel darf keineswegs schädigend auf den menschlichen Organismus einwirken und muß
e) insbesondere geruchlos sein,
f) die Bearbeitungs-, Anstrich- und Politurmöglichkeit des Holzes nicht ungünstig beeinflussen,

[1]) Vgl. Hausschwammforschungen 6. H., S. 352.
[2]) Vgl. Hausschw.-Forsch. Heft 6 Seite 386 u. 358.

g) die Entflammbarkeit des Holzes nicht erhöhen und
h) in seiner Anwendung ökonomisch sein.

Schon aus dieser Zusammenstellung der verschiedenen Forderungen geht hervor, daß ein in jeder Hinsicht einwandsfreies Konservierungsmittel für die im Hochbau verwendeten Hölzer nicht ganz leicht zu finden sein wird. Aus der großen Zahl der für Holzkonservierungszwecke allgemein verwendeten Mittel wird aus diesem oder jenem der angeführten Punkte ein erheblicher Prozentsatz von vornherein ausscheiden müssen.

So wird beispielsweise von der Anwendung des Teeröles, sowie sonstiger ähnlicher Teerpräparate (wie Karbolineum etc.) für die gedachten Zwecke Abstand genommen werden müssen ihres starken Geruches halber, sowie auch aus dem Grunde, weil sie geeignet erscheinen, die Feuergefährlichkeit der mit ihnen imprägnierten Hölzer zu erhöhen.

Andere organische Körper, welche für die Holzkonservierung empfohlen worden sind, besitzen wir in den Phenolen. Diese an sich vorzüglichen Desinfektionsmittel kommen jedoch für eine Konservierung des Holzmaterials nicht in Frage, weil es nicht gelingt, sie dauernd im Holze zu fixieren. Auch bietet es keinen Vorteil, an Stelle der wässerigen Lösungen der freien Phenole selbst deren Alkali- bzw. Erdalkalisalze zu verwenden, obgleich den genannten Verbindungen gute antiseptische Eigenschaften zukommen. Aus diesen Salzen, den Phenolaten, werden schon durch den Einfluß der in der Luft enthaltenen Kohlensäure die Phenole frei und unterliegen sodann ebenfalls der Verdunstung.

Den durch Einwirkung von Schwefelsäure auf Phenole bzw. aromatische Kohlenwasserstoffe (besonders Naphtalin) erhaltenen Sulfosäuren bzw. ihren Salzen sind gewisse konservierende Eigenschaften nicht abzusprechen, sie sind jedoch nicht derartig wirksam, als daß sie unter allen Umständen einen wirksamen Schutz des mit ihnen behandelten Holzmaterials verbürgen. So lauten beispielsweise die über das hierher gehörige Zinksalz der β-Naphtalinsulfosäure (nach seinem Erfinder, dem Hamburger Apotheker Wiese, zumeist „Wiesesalz" genannt) von verschiedenen Seiten geäußerten Ansichten verschieden. (Vgl. die diesbezüglichen Untersuchungen von Möller, Falck, Malenković und Netzsch.) Auf die Verwendung des genannten Salzes für die Zwecke der Holzkonservierung wurde seinerzeit das D.R.P. 118101 erteilt.

Zu ganz bedeutend wirksameren, nicht bzw. schwer flüchtigen Körpern kommt man aber, wenn man die Phenole nitriert, d. h. sie mit Salpetersäure behandelt. Falck hat hinsichtlich der fungiziden Eigenschaften der nitrierten Phenole im VI. Heft der Hausschwammforschungen ein umfangreiches Zahlenmaterial veröffentlicht. Aus demselben geht hervor, daß besonders die Phenole mit zwei Nitrogruppen, die Dinitrophenole, für Holzkonservierungszwecke geeignet sind.

Bisher wurden diese Körper ausschließlich zu Anstrichen verwendet, da die Explosivität der trockenen Alkalisalze der Dinitrophenole, sowie der hohe Preis der verschiedenen schon genannten Präparate, deren Hauptbestandteil sie ausmachten, eine allgemeine Anwendung verbot. Neuerdings werden aber die nitrierten Phenole zu Preisen geliefert,

welche ihre Anwendung für Imprägnierzwecke durchaus ermöglichen, um so mehr, als man durch Zusatz gewisser anorganischer und organischer Salze den Dinitrophenolsalzen ihre explosiven Eigenschaften nehmen kann.

Im Gegensatz zu ihren Salzen sind die freien Dinitrophenole nur verhältnismäßig schwer zur Explosion zu bringen. Da sie im übrigen aber mindestens ebenso wirksam sind wie ihre Salze und sich in kaltem Wasser nur schwer lösen, erschienen sie für die Zwecke der Holzkonservierung als besonders geeignet. Trotzdem war es bislang nicht möglich, diese Körper für den gedachten Zweck zu benutzen, weil sie in Berührung mit Eisen nicht beständig sind, sondern bei gleichzeitigem, starkem Angriff dieses Metalles gewisse, ihre fungizide Kraft nachteilig beeinflussende Veränderungen erfahren. Durch Zusatz gewisser anorganischer Salze, beispielsweise der Alkalichromate und Bichromate, ist es indessen gelungen, auch diese hochwirksamen, in kaltem Wasser schwer löslichen Verbindungen für die Imprägniertechnik nutzbar zu machen.

Nach Falck werden die antiseptischen Eigenschaften der entstehenden Körper abgeschwächt, wenn man die Phenole nicht nur nitriert, sondern auch gleichzeitig sulfuriert. Desgleichen kommen nach den Untersuchungen desselben Forschers den Trinitrophenolen geringere antiseptische Eigenschaften zu als den zweifach nitrierten. Zahlenangaben hinsichtlich dieser Punkte gibt Falck gleichfalls im VI. Heft der Hausschwammforschungen (S. 356). Von der Verwendung dieser Körper für Holzkonservierungszwecke wird man aus obigen Gründen Abstand nehmen.

Um künstliche Nährböden gegenüber auswachsendem Coniophoramyzel steril zu erhalten, müssen ihnen nach den Angaben von Falck die in Rede stehenden Stoffe in folgenden Konzentrationen beigemischt werden:

2 : 4 - Dinitrophenol	1: 10 000 [1])
2 : 4 - Dinitrophenolnatrium	1: 30 000
Dinitrophenolsulfosaures Natrium . .	1: 100
Trinitrophenolnatrium	1: 2 500

Von anorganischen Salzen kommt das im übrigen für Holzkonservierungszwecke vielfach angewendete Quecksilberchlorid (Sublimat, $HgCl_2$) hier weniger in Betracht wegen der ihm innewohnenden nicht unbeträchtlichen Giftigkeit gegen den menschlichen Organismus [2]). Seine fungiziden Eigenschaften sind gute; bei Versuchen mit künstlichen Nährböden wurde gegenüber auswachsendem Coniophoramycel absolute Hemmung des Wachstums bei einem Zusatz von 0,1 % Sublimat ermittelt [3]). Es gelingt jedoch nicht, dieses Salz in alle durchtränkbaren Teile des Holzes einzuführen, da eine Imprägnierung unter Anwendung

[1]) Die geringere Wirkung des freien Phenols ist nach Falck voraussichtlich auf Umsetzungen im Nährboden zurückzuführen.

[2]) Vgl. Malenković, „Die Holzkonservierung im Hochbau", S. 226.

[3]) Vgl. Hausschwammforschungen, 6. H., S. 377.

von Vakuum und Druck in eisernen Gefäßen bei Anwendung dieses Mittels ausgeschlossen ist.

Die korrodierenden Wirkungen des Sublimates auf die Metalle haben Veranlassung zur Ausarbeitung verschiedener Verfahren gegeben, welche darauf hinzielen, Quecksilberverbindungen herzustellen, die in wässeriger Lösung sich Eisen gegenüber indifferent verhalten.

Zur Lösung dieser Aufgabe benutzen Bayer & Co., Elberfeld, organische Quecksilberverbindungen, deren wässerige Lösungen das Metall nicht, wie die anorganischen Salze, in „ionisierter", sondern in „komplexer" Form enthalten. Während das in „ionisiertem" Zustande vorhandene Quecksilber Metalle anzugreifen vermag, ist dies dem „komplex" gebundenen Metall nicht mehr möglich. Auf die Verwendung derartiger Verbindungen zur Holzkonservierung, welche einen „komplex" gebundenen Giftbestandteil, wie beispielsweise Quecksilber, Arsen oder Antimon enthalten, ist der Firma Bayer & Co. unter Nr. 240 988 ein D.R.P. erteilt worden.

Das speziell für Holzkonservierungszwecke von der Firma Bayer & Co. vorgeschlagene Quecksilberchlorphenol bzw. dessen Natriumsalz, hat sich jedoch bis heute in der Praxis nicht nennenswert einführen können, da seine antiseptische Kraft zu dem geforderten Preise in keinem Verhältnis steht. Seine fungizide Wirkung verhält sich zu derjenigen des Sublimates etwa wie 2:1[1]) (nach Malenković wie 5:3).

Inzwischen haben Bayer & Co. ein zweites Verfahren in Deutschland zum Patent angemeldet, welches gleichfalls die Verwendung von Quecksilbersalzen für die Holzimprägnierung in geschlossenen eisernen Gefäßen mit Anwendung von Vakuum und Druck zum Ziele hat.

Das Verfahren ist in der Praxis noch nicht erprobt worden.

Das gleichfalls, namentlich in früheren Jahren, für Imprägnierzwecke viel benutzte Chlorzink kommt hier aus verschiedenen Gründen nicht in Betracht. So wird aus den wässerigen, verdünnten Lösungen dieser Verbindung durch Bildung basischer Zinksalze freie Salzsäure abgespalten, welche natürlich auch in das Holz gelangt und dieses in seinen Festigkeitseigenschaften ungünstig beeinflußt.

Aus den gleichen Gründen greifen die Chlorzinklösungen die eiserne Apparatur, sowie die eisernen Armierungsteile der Bauhölzer verhältnismäßig stark an.

Im übrigen sind, was besonders in Betracht zu ziehen ist, die desinfizierenden und konservierenden Eigenschaften der Zinksalze nicht derartig hohe, daß sie unter allen Verhältnissen das mit ihnen imprägnierte Holz vor Pilzbefall bewahren könnten. Nach den Feststellungen von Netzsch [2]) wächst sowohl der echte Hausschwamm als auch Coniophora cerebella noch auf Nährböden, welche einen Gehalt von 0,7% Chlorzink enthalten. Nach Falck [3]) tritt absolute Wachstumshemmung bei 0,5% Chlorzinkgehalt der Böden ein. Schimmelpilze wachsen selbst

[1]) Vgl. Falck, Hausschwammforschungen, 6. H., S. 376.

[2]) Vgl. Netzsch, „Über den Schutz der Bauhölzer gegen Zerstörung durch Pilze", Süddeutsche Bauzeitung, 22. Jahrg., Nr. 22, S. 172.

[3]) Vgl. Hausschwammforschungen, H. 6, S. 374.

noch auf Nährböden, welche einen Zusatz von 3—4% Chlorzink enthalten [1]). Zu den angeführten Übelständen gesellt sich schließlich noch die außerordentlich hohe Wasserlöslichkeit des Chlorzinks.

Zur Vermeidung der im Vorstehenden beschriebenen Mängel der Chlorzinkimprägnierung sind verschiedene Verfahren vorgeschlagen worden, die hier nur kurz skizziert werden sollen.

Das Verfahren des D.R.P. 257 002 vermeidet das Ausscheiden basischer Salze und die Abspaltung freier Säure dadurch, daß Zinksalze gemeinsam mit Tonerdesalzen zur Imprägnierung verwendet werden. Die wässerige Lösung der letzteren besitzt die Eigenschaft, erhebliche Mengen von Zinkhydroxyd bzw. basischer Zinkverbindungen, wie Zinkoxychlorid, aufzulösen. Während nun die Aluminiumsalzlösungen leicht freie Säure abspalten, wird deren schädliche Wirkung durch die basischen Zinksalze vermieden und man erhält Imprägnierflüssigkeiten, welche sich durch außerordentlich geringen Gehalt an freier Säure auszeichnen.

Zur Herabminderung der Gefahr des Auslaugens der in das Holz eingeführten Zinksalze, sowie anderer leicht in Wasser löslicher Metallsalze dienen die in den englischen Patentschriften 19 172 1910 und 2972/1912 beschriebenen Verfahren.

Nach dem Verfahren der ersteren Patentschrift soll das Imprägniermittel dadurch vor vorzeitiger Auslaugung geschützt werden, daß das Holz zunächst bei Temperaturen, welche unterhalb des Koagulierungspunktes der im Holz enthaltenen Eiweißstoffe liegen, in bekannter Weise unter Druck imprägniert und sodann auf Temperaturen über 60° erhitzt wird, um das Gerinnen der Eiweißstoffe nachträglich herbeizuführen. Durch diese Maßnahme sollen die Metallsalze mit den Eiweißstoffen Verbindungen eingehen und die Holzzellen geschlossen werden, so daß das Imprägniermittel aus denselben nicht heraustreten kann.

In anderer Weise sucht das Verfahren der zweiten Patentschrift dasselbe Ziel zu erreichen. Hierbei wird zur Imprägnierflüssigkeit ein Zusatz von Chromsäure bzw. Bichromat hinzugegeben. Dieser Zusatz soll auf die Ligninsubstanz im Holze in der Weise einwirken, daß das Lignin mit den Imprägniersalzen lackartige Verbindungen eingeht, welche die Auslaugbarkeit der Metallsalze (wie beispielsweise des Chlorzinks) auf ein Minimum beschränken sollen.

Soweit bekannt, hat weder das eine noch das andere der beiden genannten Verfahren bisher in der Praxis irgendwelche Bedeutung erlangen können.

Ähnlich wie beim Chlorzink, wenn nicht gar noch ungünstiger, liegen die Verhältnisse bei den Kupfersalzen, von denen fast ausschließlich das Kupfervitriol für Imprägnierzwecke Anwendung gefunden hat. Nach den Feststellungen von Netzsch [2]) wachsen Merulius lacrymans und Coniophora cerebella noch auf Nährböden, die 1.2% Kupfervitriol enthalten. Tubeuf [3]) gibt an, daß Merulius lacrymans

[1]) Vgl. Netzsch, „Über den Schutz der Bauhölzer gegen Zerstörung durch Pilze", Süddeutsche Bauzeitung, 22. Jahrg., Nr. 22, S. 172.

[2]) Vgl. Netzsch, „Über den Schutz der Bauhölzer usw." Süddeutsche Bauzeitung, 22. Jahrg., Nr. 22, S. 179.

[3]) Vgl. Hartig, „Der echte Hausschwamm", 2. Aufl. von v. Tubeuf.

sogar noch bei einem Zusatz von 5% Kupfervitriol zum Nährboden am Leben bleibt. Nach Falck[1]) ist als Grenze für die absolute Wachstumshemmung von Coniophora cerebella ein Zusatz von 1% Kupfervitriol zum Nährboden anzusehen.

Neben diesen ungünstigen fungiziden Eigenschaften besitzt das Kupfervitriol zudem die Nachteile des Sublimates insofern, als bei seiner Anwendung die Imprägnierung unter Anwendung von Vakuum und Druck in eisernen Gefäßen ausgeschlossen ist, da sich bekanntlich die wässerigen Lösungen der Kupfersalze mit Eisen derart umsetzen, daß das Kupfer ausgefällt wird. Ferner ist das Kupfersulfat, ebenso wie Chlorzink, leicht in Wasser löslich und unterliegt somit wie dieses stark der Auslaugung. Auch die Erfahrungen, welche bisher mit anderen kupferhaltigen Imprägniermitteln gemacht wurden, sind wenig günstig. Es scheint nach den vorliegenden Untersuchungen, als ob ganz allgemein dem Kupfer eine irgendwie erhebliche Giftwirkung gegenüber den gefährlichsten pflanzlichen Holzzerstörern nicht zugesprochen werden kann[2]).

Eisen- und Aluminiumsalze, welche vielfach für die Imprägnierung des Holzes empfohlen wurden, und von denen das Aluminium auch heute noch in beschränktem Maße Anwendung findet, sind gleichfalls wegen ihrer geringen fungiziden Kraft, sowie der unangenehmen Eigenschaft, in ihren wässerigen Lösungen freie Mineralsäure abzuspalten, nicht empfehlenswert.

Von hoher Wichtigkeit für die Zwecke der Holzkonservierung ganz allgemein und speziell auch für unser Gebiet sind hingegen die Verbindungen des Fluors. In neuester Zeit haben vor allem die Arbeiten von Malenković, Netzsch und Falck zur Erweiterung unserer Kenntnisse der fungiziden Eigenschaften der Fluorverbindungen beigetragen.

Besonders häufige Anwendung finden Fluorverbindungen auf dem Gebiete der Holzkonservierung in den letzten Jahren in Österreich, wo u. a. Malenković und Nowotny für dieselben eingetreten sind.

Die hierher gehörigen Verbindungen gliedern sich chemisch in zwei große Klassen, die Fluoride oder Verbindungen der Flußsäure und die Silicofluoride oder Verbindungen der Kieselflußsäure.

Malenković gibt in seinem Werke „Die Holzkonservierung im Hochbau", Wien 1907, eine Zusammenstellung der seiner Meinung nach besonders für den vorliegenden Zweck geeigneten Verbindungen. Er empfiehlt besonders die Verwendung der freien Fluorwasserstoff- und Kieselfluorwasserstoffsäure in Form ihrer verdünnten, wässerigen Lösungen. Weiter sind nach seinen Untersuchungen das Fluornatrium, sowie das Zinkfluorid brauchbar. Das letztere Mittel soll derart angewendet werden, daß beispielsweise 3,25 kg Zinkabfälle in 100 l 5%iger Flußsäure aufgelöst werden. Dieses Verfahren hat in Österreich seit 1901 seitens des Reichskriegsministeriums zur Bekämpfung des Hausschwammes Anwendung gefunden (Österreichisches Patent Nr. 12433). Im Patentanspruch der Patentschrift heißt es u. a.:

[1]) Vgl. Hausschwammforschungen, H. 6, S. 374.
[2]) Vgl. Netzsch, Süddeutsche Bauzeitung, 22. Jahrg., Nr. 22, S. 173.

„Verfahren zur Imprägnierung von Bau- und Werkholz jeder Art, dadurch gekennzeichnet, daß das Holz mit Flußsäure oder statt dessen mit Kieselflußsäure oder mit einem Gemenge beider Säuren mit oder ohne Zusatz von Fluoriden (Silicofluoriden) unter Ausschluß von solchen Kombinationen, bei welchen eine Fällung durch Wechselwirkung der Komponenten der Imprägnierungsflüssigkeit stattfindet, nach dem pneumatischen Verfahren (nach Boucherie) oder in Form einer Tränkung (nach Art des Kyanisierens) behandelt wird, zum Zwecke, dasselbe gegen das Wachstum von Pilzen in und auf demselben dauernd zu immunisieren und gleichzeitig zu härten, sowie infolge von Strukturänderung dichter zu machen".

Der Vorteil dieses „sauren Fluorzinkverfahrens" soll darin bestehen, daß sich aus dem in der ursprünglichen Lösung vorhandenen, sauren Zinksalz beim Austrocknen des Holzes durch Abspaltung eines Teiles der Flußsäure schwer lösliches neutrales bzw. basisches Fluorzink bilden soll.

Ein anderes, gleichfalls von Malenković stammendes Verfahren [1]), genannt „neutrales Fluorzinkverfahren I", beruht darauf, daß ein leichtlösliches Zinksalz und ein Alkalifluorid gemeinsam in das Holz eingeführt werden. Durch Umsetzung dieser Salze soll im Holze selbst ein schwerlösliches Fluorid entstehen. Chlorzink und Natriumfluorid, die beiden hierfür in Betracht kommenden Salze, geben nämlich beim Vermischen ihrer kalten wässerigen Lösungen keinen Niederschlag. Beim Eintrocknen der Lösung im Holze, sowie beim Erhitzen derselben sollen sich jedoch nebeneinander folgende Verbindungen bilden:

ZnF_2 neutrales Fluorzink,

$O\begin{matrix}ZnF\\ZnF\end{matrix}$ basisches Fluorzink, und

NaF, HF saures Fluornatrium.

Die letztere Verbindung soll durch das Holz gespalten werden in neutrales Fluornatrium NaF und freie Flußsäure HF, letztere soll von der Faser gebunden werden.

Ein drittes, von Malenković herrührendes Imprägnierverfahren, genannt neutrales Fluorzinkverfahren II, benutzt zur Bereitung der Tränkflüssigkeit das auskristallisierte Salz des sauren Fluorzinks (ZnF_2. $2HF + 6H_2O$) nebst Fluornatrium. Durch die Zugabe des letzteren soll ein Auftreten freier Säure vermieden werden.

Neuerdings hat Malenković vorgeschlagen, Imprägniermittel von besonders hoher fungizider Kraft herzustellen durch Mischung von Fluoriden mit organischen Nitroverbindungen. In seinem Imprägnierstoff „Bellit" (auch „Basilit" genannt) liegt ein solches Gemisch vor, welches aus ca. 88 Teilen Fluornatrium und 12 Teilen Dinitrophenolanilin besteht [2]).

Die Alkalisalze der Kieselfluorwasserstoffsäure kommen nach Malenković für Holzkonservierungszwecke nicht in Betracht. Das vielfach angewendete Kieselfluornatrium ist nach diesem Beobachter nicht geeignet, weil es sich im Wasser zu schwer lösen und im übrigen

[1]) Vgl. Malenković, „Die wissenschaftlichen Grundlagen der Fluorimprägnierung mit Chlorzink-Fluornatrium".

[2]) Vgl. Nowotny, „Holzkonservierung mit Fluoriden", Österr. Chemiker-Zeitung 1912, S. 100.

auch keine allzu hohen antiseptischen Eigenschaften besitzen soll. Zahlenmäßige Belege für diese letztere Behauptung führt Malenković nicht an. Ihr stehen übrigens die Untersuchungsergebnisse von Falck[1]) gegenüber, nach welchem gleiche Gewichtsmengen aller von ihm geprüften Fluor- und Kieselfluorverbindungen — unter den letzteren ist auch das Kieselfluornatrium aufgeführt — gegenüber holzzerstörenden Pilzen annähernd denselben Hemmungswert besitzen, und zwar soll diese Grenze der absoluten Hemmung in der Nähe von 1 : 1000 (bis 1 : 2000) liegen. Nur die freie Fluorwasserstoffsäure soll einen erheblich höheren Hemmungswert (1 : 10 000) besitzen.

Netzsch kommt in seiner 1909 veröffentlichten Arbeit „Die Bedeutung der Fluorverbindungen für die Holzkonservierung" im wesentlichen zu denselben Schlüssen wie Malenković. Nach seinen Ausführungen sind die freie Fluß- und Kieselflußsäure, Fluornatrium, Fluorzink und Kieselfluorzink die bestgeeignetsten Fluorverbindungen für Holzkonservierungszwecke.

Die freien Säuren selbst, sowie das Natriumfluorid sollen nur für solche Hochbauhölzer Verwendung finden, welche gegen Auslaugung geschützt sind. Die eigentliche Bedeutung der Fluoride für die Holzkonservierung soll dagegen in der Anwendung der Schwermetallsalze der Flußsäure liegen, namentlich des Zinksalzes, sei es nun, daß dieses als saures Salz mit Fluornatrium in das Holz eingeführt wird, oder daß es durch chemische Umsetzung (Chlorzink + Fluornatrium) im Holze selbst gebildet wird.

Von der Verwendung der Fluoride und Silicofluoride des Aluminiums, Calciums und Magnesiums rät Netzsch ab, weil diese Salze nach erfolgtem Austrocknen der damit imprägnierten Hölzer unlöslich und somit unwirksam würden.

Die Verwendung des Kieselfluornatriums glaubt Netzsch gleichfalls nicht empfehlen zu sollen, da dasselbe nach den von ihm angestellten Versuchen nicht in allen Fällen gleichmäßig stark auf die holzzerstörenden Pilze einwirkt[2]). Der Feuchtigkeitsgehalt der damit behandelten Hölzer spielt nach den Beobachtungen des Verfassers eine Rolle insofern, als trockenes Holz, in welchem praktisch alles Kieselfluornatrium auskristallisiert ist, leicht den Pilzangriffen unterliegt, während imprägniertes Holz von hohem Feuchtigkeitsgehalt den Pilzangriffen lange Zeit widersteht.

Zu etwas anderen Folgerungen kommt Falck im VI. Heft der Hausschwammforschungen auf Grund seiner Untersuchungen über die Fluoride. Er empfiehlt besonders die Anwendung des sauren, flußsauren Zinks und Ammoniums, sowie des kieselflußsauren Magnesiums. Die beiden ersten Salze will Falck überall dort verwendet wissen, wo es sich um die Imprägnierung von Hölzern handelt, die den Einwirkungen der Witterung ausgesetzt sind.

[1]) Vgl. Hausschwammforschungen, 6. H., S. 366.

[2]) Vgl. Netzsch, „Die Bedeutung der Fluorverbindungen für die Holzkonservierung", S. 162 u. folg. Vgl. Netzsch, Über Schutz der Bauhölzer gegen Zerstörung durch Pilze", Süddeutsche Bauzeitung, 12. Jahrg., Nr. 23, S. 180 u. folg.

Von der Verwendung der freien Fluß- und Kieselflußsäure für die Zwecke der Holzkonservierung rät Falck ab, da er nicht in gleichem Maße wie Malenković und Netzsch von der Unschädlichkeit dieser Säuren gegenüber der Holzfaser überzeugt ist. Auch die Verwendung der sauren flußsauren Salze billigt der genannte Autor nur in den Fällen, in welchen es sich um die Imprägnierung im Freien zu verbauender Hölzer handelt, bei denen die im Holz sich abspaltende Flußsäure schnell verflüchtigen bzw. ausgewaschen werden kann.

Im Vorstehenden ist versucht worden, eine Übersicht über diejenigen Imprägniermittel zu geben, welche in der Praxis für die Konservierung der Hochbauhölzer nach den bisherigen Erfahrungen in Frage kommen könnten. Vergegenwärtigt man sich nochmals die Bedingungen, welchen ein ideales Konservierungsmittel für Hochbauhölzer entsprechen muß, so erhellt, daß besonders zwei Klassen von Körpern den zu stellenden Bedingungen gerecht werden: die Fluorverbindungen, sowie die organischen Nitrokörper. Besonders die letzteren verdienen nach den bisherigen Untersuchungen, infolge ihrer außerordentlich hohen fungiziden Eigenschaften bei verhältnismäßig niedrigen Preisen für die Konservierung der Hochbauhölzer allgemein empfohlen und angewendet zu werden.

IV. Konservierungsmittel zum Schutz gegen leichte Entflammbarkeit.

Bisher sind ausschließlich solche Mittel und Verfahren behandelt worden, welche zum Schutz der Hochbauhölzer gegen die Angriffe von Pilzen und Insekten angewendet werden bzw. früher Anwendung fanden. Im folgenden soll weiter eine kurze Übersicht über diejenigen Verfahren gegeben werden, welche eine Bedeutung für die Schwerentflammbarmachung des Holzes gefunden haben.

Speziell für die im Hochbau verwendeten Holzmaterialien wird in gewissen Fällen bereits seit einiger Zeit „Feuersicherheit" zur Bedingung gemacht. Bei der Stellung dieser zweifellos berechtigten Forderung wird nun nicht nur von Laien, sondern oft genug auch von Leuten, welche berufen sind, ein Urteil über derartig gegen Feuer imprägniertes Holzmaterial abzugeben, zu rigoros vorgegangen. Man darf natürlich nie vergessen, daß man in der Holzsubstanz einen organischen Stoff vor sich hat, welcher bei Bränden schließlich zersetzt wird, wenn die Temperaturen gewisse Grenzen überschreiten und lange genug einwirken. Es ist daher unangebracht, von „feuersicherem" bzw. „nicht verbrennbarem" Holz zu sprechen; auch mit allen Hilfsmitteln der modernen Chemie wird es immer nur gelingen, eine mehr oder weniger große „Schwerentflammbarkeit" des Holzes zu erzielen. Ein solcher Schutz genügt vollauf in der überwiegenden Mehrzahl aller Fälle den Bedürfnissen der Praxis. Sache des Baumeisters ist es, nach dieser Richtung hin die Anwendungsgebiete des schwer entflammbaren Holzes richtig zu bemessen und dasselbe nicht auch in solchen Fällen zur Anwendung zu bringen, wo bereits von vornherein mit Sicherheit eine Zweckdienlichkeit von dieser Maßnahme nicht erwartet werden kann.

Die im allgemeinen bezüglich der Widerstandsfähigkeit des Holzes gegen die Angriffe des Feuers gehegten Ansichten stellen diesem Baumaterial ein zu ungünstiges Zeugnis aus. Die Verbrennung des Holzes schreitet von außen nach innen nicht mit gleicher Schnelligkeit fort, da dem angebrannten Holz in der oberflächlich entstehenden schwarzen Kohleschicht ein Schutzmittel für die darunter liegenden Schichten erwächst.

Zweifellos wird zu Beginn eines Brandes eine im Feuer stehende Holzkonstruktion ziemlich rasch einen gewissen Teil ihrer Tragfähigkeit einbüßen; diese Herabminderung der Festigkeitseigenschaften wird aber um so langsamer fortschreiten, je zusammenhängender die oberflächlich gebildete Schutzschicht von Holzkohle ist. Schließlich muß auch in allen diesen Fällen, wo es sich um die Erhaltung der Tragfähigkeit hölzerner Konstruktionen, für die ja, soweit es sich um Kiefernholz handelt, meist kernreiches Balkenholz verwendet wird, berücksichtigt werden, daß gerade dem im Holzinnern liegenden Kernholz größere Festigkeitseigenschaften innewohnen als dem äußerlich verkohlenden Splintholz, ein Moment, welches zugunsten der Holzkonstruktionen mit in die Wagschale fällt.

Die Widerstandsfähigkeit des Holzes gegen die Angriffe des Feuers hängt natürlich auch von den Dimensionen desselben, sowie der Holzart erheblich ab. Beispielsweise bietet Eichenholz der Zerstörung durch Feuer erheblich größeren Widerstand als die sogenannten „weichen", harzhaltigen Nadelhölzer.

Wie verhalten sich nun gegenüber dem Holz dessen Ersatzstoffe, vornehmlich Eisen, Eisenbeton und Stein unter der Einwirkung des Feuers?

Über diesen Gegenstand liegt eine ganze Reihe von Untersuchungen vor[1]), aus denen folgendes hervorgeht:

Bei der Erwärmung schmiedbaren Eisens nimmt dessen Festigkeit bis zu Temperaturen von ca. 50° zunächst ab. In dem Temperaturintervall von 50° bis 300° erfährt die Festigkeit derartigen Materials zunächst eine Steigerung, um bei Temperaturen über 300° rapide zurückzugehen. Bereits bei 500° ist die Tragfähigkeit des Schmiedeeisens um etwa 50% des ursprünglichen Wertes vermindert. Im Verlauf von Bränden werden nun aber weit höhere Temperaturen erreicht als die genannte und es kann daher nach obigen Feststellungen nicht verwunderlich sein, wenn derartige ungeschützte Eisenkonstruktionen bei Bränden das denkbar ungünstigste Verhalten zeigen, insofern, als Stützen und Träger, welche schon nach kurzer Zeit einen sehr erheblichen Prozentsatz ihrer Tragfähigkeit eingebüßt haben, sich durchbiegen, der auf ihnen lastenden Konstruktion den Halt rauben und ihren Einsturz veranlassen.

---

[1]) Vgl. u. a. Michotte, La science du feu, S. 184 u. folg. Dunod et Pinat, Paris 1912); Wendt, „Glutsichere Ummantelungen". Technisch-Industrielle Rundschau, Jahrg. 1913, Nr. 19; Huth, Feuersicheres und unverbrennbares Holz, Zeitschr. Der technische Export 1914, S. 156; Wendt, „Feuersicheres Holz", Zentralblatt d. Bauverw., Berlin 1913, Nr. 33.

Ebensowenig wie Schmiedeeisen kann das unverkleidete Gußeisen als feuerfester Stoff angesehen werden, obwohl nicht zu leugnen ist, daß es immerhin ein bedeutend günstigeres Verhalten unter dem Einfluß hoher Temperaturen zeigt als das schmiedbare Eisen. Von Nachteil ist beim Gußeisen der Umstand, daß der Guß nicht immer in allen Teilen ein und desselben Gegenstandes gleichmäßig ausfällt und daß durch das inhomogene Gefüge beim raschen Erhitzen bzw. Abkühlen (Löscharbeit der Feuerwehr) leicht das Auftreten von Rissen und Sprüngen bedingt wird, die der Konstruktion verhängnisvoll werden können.

Dieses wenig günstige Verhalten ungeschützter Eisenkonstruktionen im Feuer hat zur Folge gehabt, daß nach den bestehenden Bauordnungen Eisen für tragende Konstruktionen in allen besonders feuergefährlichen Gebäudegattungen nur dann zugelassen wird, wenn es durch glutsichere Ummantelungen der unmittelbaren Einwirkung der Flammen entzogen ist.

Daß aber auch selbst glutsicher ummantelte Konstruktionen nicht in allen Fällen als unbedingt feuerfest anzusehen sind, beweist u. a. der große Brand eines Lagers von Papier- und Pappabfällen in Berlin (Mühlenstraße) Anfang Mai 1913. Generalinspektor Götze berichtet darüber in der feuerwehrtechnischen Zeitschrift [1] u. a. wie folgt:

„**Aber auch das total abgebrannte, massive Lagerhaus war durchaus nicht feuersicher errichtet, obwohl es ganz aus Eisen und Stein gebaut war. Die eisernen Stützen und Träger waren zwar glutsicher ummantelt, aber offensichtlich nicht in genügender Stärke und Haltbarkeit, was ein ebenso großer wie altbekannter Fehler ist. Dieses Lagerhaus ist bereits 25 Minuten nach Abgabe des ersten Alarms total zusammengebrochen. Das Eisenzeug hat sich bei der enormen Hitze sofort geworfen, ein klassischer Beweis geradezu für die Feuergefährlichkeit der nicht feuersicher umkleideten Eisenkonstruktionen. Die gewaltigen eisernen Stützen und Träger waren verbogen, zerknüllt und zerknickt. Man hüte sich also davor, derartige Gebäude günstig zu beurteilen.**“

Eine andere Äußerung von berufener Seite, welche sich auf das Verhalten von Holz und Eisen bei Bränden bezieht, findet sich in der Abhandlung des Brandmeisters der Hamburger Berufsfeuerwehr, Dr. ing. Dieckmann, „Die Feuersicherheit in Theatern“. Dort heißt es z. B.:

„Aber auch das Holz ist, besonders wenn es glatt gehobelt und dadurch vor schneller Entzündung bewahrt wird, ungeschütztem Eisen durchaus vorzuziehen, weil hölzerne Konstruktionen im Feuer ihre Festigkeit viel länger **behalten als eiserne**“.

Aus dem vorstehend Gesagten geht wohl zur Genüge hervor, daß die Vorzüge, welche für gewöhnlich den „feuersicheren Ersatzstoffen“ für Holz beigemessen werden, zum Teil nur den Wert von Legenden haben, bei deren Bildung die Praxis nicht mitgesprochen hat.

Auch die Beobachtungen, welche über die Feuersicherheit des wichtigsten Konkurrenzmaterials des Holzes im Hochbau, den Eisenbeton, vorliegen, sind keineswegs durchweg so günstig, wie man im **allgemeinen zu glauben geneigt ist.**

Vor kurzer Zeit hat sich beispielsweise der Fall ereignet, daß infolge Feuers ein Eisenbetonbau zusammengestürzt ist wie eine ungeschützte **Eisenkonstruktion** [2]).

[1]) **H. 6 v. 20. Oktober 1913.**

[2]) Vgl. Bautechnische Mitteilungen des Stahlwerksverbandes, Düsseldorf, Jahrgang 1913, H. 8.

Dem Fall mag an sich keine große Bedeutung zukommen. Es kann ja auch sein, daß es sich hier um eine recht mangelhafte Ausführung handelt. Bedeutung gewinnt der Fall durch die Tatsache, daß die Besitzerin im Vertrauen auf die ihr zugesicherte absolute Feuersicherheit der Konstruktion von einer Versicherung abgesehen hatte.

Bei den im Verlauf von Bränden auftretenden enorm hohen Temperaturen verhalten sich auch viele Steinarten durchaus nicht indifferent. Es ist beispielsweise nichts Neues, daß unter der Einwirkung der Stichflammen steinerne Treppenkonstruktionen Risse bekommen und selbst zerspringen, daß Dachziegel und Kunststeinplatten explosionsartig zerplatzen und Hausbewohner und Löschmannschaften gefährden.

Es ist bereits ausgeführt worden, daß selbst rohes Holz durchaus nicht so schnell vom Feuer zerstört wird, als im allgemeinen angenommen wird. Vielmehr muß immer wieder darauf hingewiesen werden, daß hinsichtlich schlechten Wärmeleitungsvermögens, Elastizität und der Eigenschaft, Temperaturspannungen unbeschadet zu ertragen, dem Holz so leicht kein anderes ebenbürtiges Baumaterial an die Seite gestellt werden kann.

Es bleibt deshalb die Frage offen, ob es durch geeignete Behandlungsweisen möglich ist, Holz auch unverbrennbar, wie einleitend ausgeführt, bzw. schwerentflammbar zu machen.

Eine Betrachtung der chemischen Natur des Verbrennungsvorganges weist den Weg, welchen man zur Erreichung dieses Zieles beschreiten muß. Jede Verbrennung stellt einen Oxydationsvorgang dar, im gedachten Falle also die Verbindung der Holzbestandteile, Kohlenstoff und Wasserstoff des auf seine Entzündungstemperatur erhitzten Holzes mit dem Luftsauerstoff. Wenn es also gelingt, dem Sauerstoff den Zutritt zum Holze zu erschweren, wird auch der Verbrennungsvorgang entsprechend verlangsamt. Dieses Fernhalten des Luftsauerstoffes bzw. der atmosphärischen Luft kann durch Anwendung geeigneter Stoffe auf zweierlei Weise erzielt werden:

1. Durch Umhüllung der Holzfaser mit in der Hitze schmelzenden indifferenten Stoffen.
2. Durch Umhüllung der vom Feuer bedrohten Holzteile mit indifferenten Gasen, welche den Luftsauerstoff fernhalten.

In der Praxis hat man zur Erreichung dieses Zieles, ebenso wie beim Schutz des Holzes gegen Pilzangriffe, einerseits Oberflächenanstriche angewendet, andererseits zu den eigentlichen Imprägnierverfahren seine Zuflucht genommen.

Oberflächenanstriche wurden schon im Altertum, also lange bevor Lavoisier seine Theorie des Verbrennungsvorganges entwickelte, angewendet. Anfangs beschränkte man sich auf die Verwendung von einfachen Alaun-, Essig-, Wasserglas- und ähnlichen Lösungen. In neuerer Zeit hat man eine ganze Reihe von Spezialanstrichen, meist Geheimmitteln, empfohlen, die in verschiedener Form in den Handel kommen: oft als breiartiger, gebrauchsfertiger Anstrich, oft als Pulver, das durch Anrühren mit Wasser gebrauchsfertig gemacht werden muß. Wie

schon bei dem die schwammsichere Imprägnierung behandelnden Abschnitt ausgeführt, kann schlechterdings eine nachhaltigere Schutzwirkung von einem einmaligen äußeren Anstrich des Holzes nicht erwartet werden [1]). Die mehr oder weniger dünne Schutzschicht ist naturgemäß wenig widerstandsfähig gegen mechanische Einwirkungen und ist oft bereits zum großen Teil zerstört, wenn sie ihre Wirkung bei einem ausbrechenden Brande bewähren soll. Michotte führt als Beispiel den Brand in der letzten Mailänder Weltausstellung an. Auch dort hatte man das Holzmaterial mit einer Schutzschicht versehen und trotzdem brannte das ganze „wie ein Schwefelholz". Wenn die so behandelten Hölzer sich im Feuer wenig günstig verhalten, so liegt das zumeist nicht an den benutzten Stoffen selbst, sondern in der Art ihrer Anwendung. Immerhin kann jedoch gesagt werden, daß in gewissen Fällen, namentlich dann, wenn schon verbautes Holzmaterial noch nachträglich, beispielsweise gegen Flugfeuer etc., geschützt werden soll, ein zweckmäßig zusammengesetzter Schutzanstrich wohl empfohlen werden kann. Eine sorgfältige Unterhaltung des Anstrichs, besonders die Ausbesserung beschädigter Stellen, ist aber unerläßlich.

Zu dieser Gruppe von Schutzmitteln ist auch die der Neuzeit angehörende Verwendung von Kalk- und Zementputz zu rechnen. Werden diese Stoffe mittels geeigneter Unterlagen (Rohr- oder Drahtgeflecht) sorgfältig auf das Holz aufgetragen, so erzielt man bei ihrer Anwendung eine recht hohe Schutzwirkung.

Aus den gleichen Gründen, die einen bloßen Anstrich in den meisten Fällen als unzureichend erscheinen lassen, wird auch die Imprägnierung des schwer entflammbar zu machenden Holzmaterials mittels Eintauchverfahren immer nur einen unvollkommenen Erfolg gewähren, da die hier in Frage kommenden mehr oder weniger konzentrierten Salzlösungen sich ohne Anwendung von Vakuum und Druck auch nur ganz oberflächlich in das Holz einführen lassen.

Die volle Wirkung der zum Feuerschutz verwendeten Chemikalien kann erst dann zur Geltung kommen, wenn man dieselben so tief als es überhaupt möglich ist, in die zu durchtränkenden Holzpartien hineinpreßt, d. h. wenn man sie auf dem Wege der Vakuum-Druckimprägnierung in das zu schützende Holz einführt.

Auch für die Ausführung der vor Entflammung schützenden Imprägnierung hat sich eine fahrbare Anlage als ganz besonders vorteilhaft erwiesen. Auf der Jahrhundert-Ausstellung in Breslau 1913 war zum ersten Male eine fahrbare Imprägnier-Anlage im Betrieb zu sehen. Sie hatte den hölzernen Einbau der Hauptfesthalle feuersicher zu imprägnieren. (Vgl. Abb. 202).

In neuerer Zeit hat man in Anlehnung an die Imprägnierung der Grubenhölzer diese Verfahren für besondere Zwecke noch dahin verbessert, daß man neben einem Schutz gegen leichte Entflammbarkeit auch gleichzeitig einen solchen gegen die Angriffe holzzerstörender Pilze zu erreichen sucht (z. B. bei dem Verfahren nach Nickelmann [1]) unter Borsäurezusatz).

[1]) Vgl. F. Michotte, „La Science du Feu", S. 234.
[1]) Vgl. D. R. P. 124 409.

Die Zahl der zur Herbeiführung der Schwerentflammbarkeit vorgeschlagenen Mittel ist ebenso wie bei der Holzimprägnierung gegen Fäulnis eine sehr große [1]).

Als Stoffe, welche besonders häufig Verwendung finden, um die Holzsubstanz durch eine bei ihrer Zersetzung in der Hitze gebildete indifferente Gasatmosphäre zu schützen, seien genannt die Ammoniaksalze, die Karbonate und Bikarbonate, die Sulfite, sowie gewisse Sulfate (z. B. Alaun).

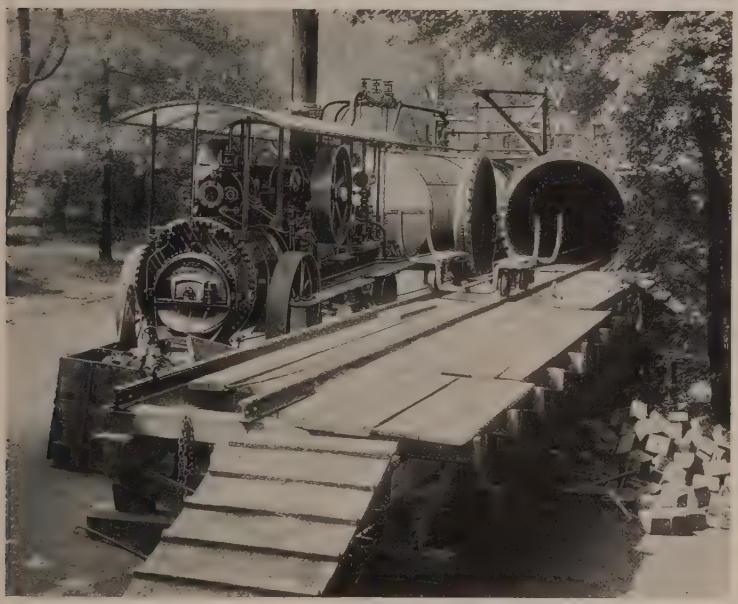


Abb. 202. Fahrbare Imprägnier-Anlage im Betrieb auf der Jahrhundert-Ausstellung in Breslau 1913.

Zu den die Faser durch glasähnliche Überzüge schützenden Körpern gehören die Borsäure, sowie ihre Salze, die Phosphate, gewisse Wolframate u. a. m. Auch einige andere Stoffe, z. B. Natrium- und Magnesiumsulfat, werden häufig verwendet. Sie bilden zwar weder glasähnliche Überzüge, noch zersetzen sie sich leicht analog den oben genannten

[1]) Zwecks näheren Angaben vgl. z. B. Andés, „Das Konservieren des Holzes", Beauverie, „Le Bois" (Paris, Gauthier-Villars, 1905); Gautsch, „Das chemische Feuerlöschwesen" (Lit. Institut Dr. Huttler (Konrad Fischer), München 1891); Heinzerling, „Die Konservierung des Holzes"; Koller, „Imprägnierungstechnik" (Hartleben, Wien, Pest, Leipzig 1896); Michotte, „La Science de Feu".

Salzen (Ammoniaksalze, Karbonate usw.): ihre Wirkung beruht vielmehr größtenteils auf ihrem hohen Gehalt an Kristallwasser, welches bei Bränden allmählich verdampft und so die Holzfaser gewisse Zeit zu schützen vermag. Die meisten der genannten Stoffe sind auch in den Anstrichen enthalten.

Es existiert eine große Anzahl von Feuerschutzverfahren, welche sich einzelner dieser Stoffe, oder zumeist mehrerer derselben nebeneinander, bedienen. In Deutschland sind besonders die Verfahren von Gautsch, Nickelmann und der Bauholzkonservierung, G. m. b. H., Berlin, bekannt geworden.

Das Gautschsche Verfahren, auf welches seinerzeit das D.R.P. Nr. 153 006, lautend auf den Namen Beaulieu-Marconny, erteilt wurde, arbeitet mit einer wässerigen, ammoniakalischen Lösung von borsaurem und schwefelsaurem Ammon. Die Anwendung dieser Lösung geschieht in geschlossenen, eisernen Gefäßen unter Vakuum und Druck in der Wärme. Die erzielten Erfolge sind recht gute, nur leidet dieses Imprägnierverfahren an dem Übelstand, daß der durch seine Anwendung bedingte Imprägnierungspreis von 60 – 70 Mk.[1]) für einen Kubikmeter Kiefernholz ein zu hoher ist, um seine ausgedehntere Anwendung zu gestatten.

Die beiden anderen oben genannten Verfahren bedienen sich wässeriger Lösungen des Ammonium- und Magnesiumsulfates. Das Nickelmann'sche (Hülsberg'sche) Verfahren, seinerzeit geschützt durch D.R.P. Nr. 124 409, sieht für gewisse Fälle zudem einen Zusatz von Borsäure vor. Nach Nickelmann werden Ammonium- und Magnesiumsulfat im Verhältnis des Doppelsalzes $[(NH_4)_2SO_4.MgSO_4.6H_2O]$ verwendet, nach dem Verfahren der Bauholzkonservierung in einem anderen, ebenso wirksamen, jedoch billigeren Verhältnis. Während die Imprägnierung, die auch bei diesen beiden Verfahren unter Anwendung von Vakuum und Druck mit heißen Lösungen vorgenommen wird, sich bei den Nickelmann'schen Verfahren auf etwa 50 Mk. pro cbm Kiefernholz stellt, kostet sie bei Anwendung des Verfahrens der Bauholzkonservierung nur etwa 12.50 Mk.[2]).

Aus dem Vorstehenden geht hervor, daß eine Imprägnierung des für Hausbauten zu verwendenden Holzmaterials durchaus nicht so hohe Ausgaben erfordert, als daß sie aus diesem Grunde undurchführbar wäre. Rechnet man die zur Ausführung eines normalen vierstöckigen Wohnhauses benötigten Holzmengen zu etwa 300 cbm, so wäre für die Schwerentflammbarmachung dieses Holzmaterials die Summe von 3750 Mk. aufzuwenden, d. h. von etwa 1 – 2% der Bausumme, eine Mehrausgabe, die in Anbetracht der gewonnenen Vorteile nicht von Belang ist. Eine feuersichere Imprägnierung von Bauhölzern ist natürlich nur vor dem

[1]) Vgl. Moll, „Der künstliche Schutz des Holzes gegen Feuer", Feuerwehrtechnische Zeitschrift, Jahrg. 1914, H. 1, S. 10.

[2]) Bezüglich der eingesetzten Imprägnierpreise vgl. Troschel, „Feuerbeständigkeit roher und imprägnierter Hölzer", Feuerwehrtechnische Zeitschrift, Jahrg. 1914, H. 1, S. 7. Huth, „Feuersicheres und unverbrennbares Holz", Zeitschrift d. tech. Export, 1913, S. 155.

Einbau möglich. Soll Holzwerk z. B. ein Dachstuhl in einem fertigen Gebäude nachträglich schwer entflammbar gemacht werden, so ist dies nur durch einen Oberflächen-Anstrich möglich.

Die moderne Imprägniertechnik ist nach alledem also in der Lage, dem vorzeitigen Verfall des Hochbauholzes, welcher bedingt wird durch die Angriffe holzzerstörender Organismen, sowie durch Feuer, mittels geeigneter Imprägniermittel bzw. Verfahren wirksam zu begegnen. Vorbedingung für die Erzielung einer genügenden Schutzwirkung ist die Einführung der in Frage kommenden Schutzstoffe in das Holz unter Anwendung von Vakuum und Druck, da allein auf diese Weise die unumgänglich notwendige, genügende Verteilung der Imprägniermittel im Holz erzielt werden kann.

Die Vorteile, welche die Verwendung derartig schwamm- und feuersicheren Holzes in den Hochbauten mit sich bringt, sind ohne weiteres ersichtlich. Nur durch die Einführung imprägnierter Hölzer kann den mißlichen Zuständen ein Ende bereitet werden, welche zurzeit im Handel und Verkehr mit Häusern eingerissen sind. Ebenso wie im Post- und Eisenbahnwesen wird auch im Hochbau das sachgemäß gegen Schwamm und Feuer imprägnierte Holzmaterial berufen sein, das bereits stark in Mißkredit gekommene rohe Holz als Baumaterial abzulösen und das Vertrauen zu diesem einzigartigen Baustoff wieder mehr und mehr erstarken zu lassen.

G. Straßenbau.

Von

Eisenbahn-Bau und Betriebsinspektor a. D. **Ernst Biedermann**-Berlin-Charlottenburg.

I. Vorbemerkung.

Die Verwendung der zweckmäßigsten Pflastermaterialien ist mit dem Wachstum der Großstädte zu einer immer bedeutsameren, aber auch umstritteneren Frage des städtischen Straßenbaues geworden. Das gilt besonders vom Holz, welches seit einigen Jahrzehnten in der großstädtischen Pflastertechnik dem Asphaltpflaster empfindlichen Wettbewerb bereitet. Die Literatur über diesen Gegenstand liegt etwas im Argen. Während zahlreiche gelegentliche Veröffentlichungen über Anlage und Unterhaltung von Holzpflaster in technischen Fachzeitschriften, städtischen Verwaltungsberichten und anderen periodischen Abhandlungen nahezu vergraben sind, entstammt das einzige umfassendere französische Werk über diesen Gegenstand dem Jahre 1896. Da ist es besonders zu begrüßen, daß diese Lücke durch ein neuerliches, tief angelegtes deutsches Werk[1]) geschlossen ist, dessen reichhaltiges Tatsachenmaterial den nachfolgenden Darlegungen wertvolle Unterstützung geliefert.

[1]) „Über die Verwendung des Holzes zu Pflasterzwecken in den Großstadtgebieten Europas und Australiens." Bearbeitet von H. Vespermann,

II. Gesichtspunkte bei der Auswahl der Pflasterarten für den Großstadtverkehr.

Der Entscheid über die Wahl des zweckmäßigsten Pflastermaterials — Chaussierung, Steinpflaster, Asphaltpflaster, Holzpflaster — kann nur örtlich, d. h. für die einzelnen Stadtviertel und Straßenzüge einer Großstadt bestimmt werden, und zwar nach den Gesichtspunkten der Bevölkerungsgröße, des Entwicklungstempos und der Verwaltungseinteilung der Stadt, nach den klimatischen und technischen Verhältnissen des Straßennetzes (Breite und Gefälle), nach Umfang und Art des Straßenverkehrs, dem Hufbeschlag der Zugtiere, dem Umfang der Straßenaufbrüche für unterirdische Leitungen und Straßenbahngleise. Daneben spielen eine oft noch entscheidendere Rolle die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit der einzelnen Städte, die Rücksicht auf einheimische Industrie, die Bevorzugung bodenständiger Pflastermaterialien, ihrer Transportkosten bei entfernterem Auslandsbezug, aber auch persönliche Interessen in den städtischen Körperschaften und persönliche Vorliebe der Anwohner für diese oder jene Pflasterart.

Die nach dem Verkehrscharakter der einzelnen Stadtviertel an das Pflaster zu stellenden Anforderungen sind zunächst recht verschieden: In Fabrikvierteln mit schwerem Verkehr spielt die Herabminderung des Zugwiderstandes eine größere Rolle als die Geräuschlosigkeit, während für eine Geschäftsstraße Ruhe verlangt wird. Für bessere Wohnviertel geringeren Verkehrs ist die gesundheitliche Rücksicht auf Staubfreiheit und Reinlichkeit, in Arbeiterwohnvierteln die Anlagekosten für die Wahl des Pflasters bestimmend. In steilen Straßen, in denen die Größe des Zugwiderstandes für den Lastwagenverkehr entscheidend ist, müssen Pflaster vermieden werden, welche zu Glätte und Schlüpfrigkeit neigen. Aus allen diesen Umständen heraus kann von der einheitlichen Verwendung einer Pflasterart in den Städten eines Landes oder auch nur innerhalb einer Großstadt nicht die Rede sein. Wie Provinz- und Weltstädte einer anderen Beurteilung unterliegen, so stellen innerhalb der letzteren die Geschäfts- und Wohnviertel und innerhalb dieser wieder die herrschaftlichen und die Arbeiterwohnviertel verschiedenartige Anforderungen an die Pflasterart.

Stadtbauinspektor in Frankfurt a. M. mit 27 Textabb., Leipzig, Verlag Wilh. Engelmann 1912.

Das Werk stützt sich in seinem praktischen Teil auf die am weitesten zurückreichenden, umfangreichen Erfahrungen der europäischen Weltstädte, London, Paris und der später, aber schneller entwickelten Metropole des Deutschen Reiches, wie der beiden Hauptstädte Sidney und Melbourne des australischen Kontinents.

Dem Werke ist während der Drucklegung dieses Aufsatzes ein weiteres Quellenwerk desselben Verfassers „Bauhölzer und ihre Verbreitung im Welthandel", mit 38 Abb. im Text; Leipzig und Berlin, Verlag Wilh. Engelmann 1914", gefolgt, das, wie sein Titel sagt, eine nicht minder wertvolle stoffliche Ergänzung zu den von uns bearbeiteten Anwendungsgebieten des Holzes im Eisenbahn-Oberbau wie im Brückenbau bildet.

Ein anderes Buch „Das Holzpflaster in London von Heinrich Freese, Jena, Verlag Gustav Fischer" liefert wertvolles Material zum neuesten Stand der Pflasterfrage in den 3 europäischen Weltstädten.

III. Die Verbreitung des Holzpflasters in den Weltstädten.

Die für diesen Gegenstand in erster Linie in Betracht kommenden größten europäischen Weltstädte sind London, Paris und Berlin.

Die Einführung des Holzpflasters steht in unmittelbarem Zusammenhang mit der in den letzten Jahrzehnten einsetzenden Entwicklung dieser Großstädte. Die 7,25 Millionen Köpfe **Groß-Londons** verteilten sich zu Ende des Jahres 1910 auf dessen drei Hauptgebietsteile: a) mit 1,49 Millionen auf das aus 12 Gemeinden (Wahlbezirken) gebildete Weichbild, die central area, welche b) der Hinzutritt weiterer 18 Gemeindebezirke zum Verwaltungsbegriff „der Grafschaft" [1]) mit einer Kopfzahl von 4,52 Millionen Menschen ergänzt. c) Um dieses Grafschaftsgebiet legt sich ein weiträumig bebauter Ring der Nachbargrafschaften Middlesex, Essex, Surrey und Kent und eines Teiles von Hertford, der das dezentralisierte Wohngebiet der Kaufleute, Beamten und Arbeiter Außen- oder Extra-Londons darstellt und mit den Gebieten zu a und b zusammen den „Polizeidistrikt Groß-London" mit seinen vorgenannten 7,25 Mill. Einwohnern bildet.

In London gelangte man früher als in anderen Großstädten zu der Erkenntnis, daß die Anlage geräuschlosen Pflasters eine Forderung öffentlicher Gesundheitspflege sei. Da die für großstädtischen Verkehr in Betracht kommenden beiden Pflasterarten, des Asphaltes und des Holzes, die keiner anderen Pflasterart eigenen Vorzüge der Geräuschlosigkeit, der Haltbarkeit und guten Aussehens besitzen, so entstand zunächst ein Wettringen dieser beiden Pflasterungen untereinander. Innerhalb der Holzpflasterung, welche vielerorten aus diesem Kampf als Siegerin hervorging, entstand dann weiter der Kampf zwischen Weich- und Hartholz, der Frage der besten Konservierungsmethoden des ersteren, sowie der Vorherrschaft des ost- vor dem westaustralischen Hartholz innerhalb des letzteren. Die Klagen des Londoner Publikums über zahlreiche, täglich vorkommende Pferdestürze und die damit verbundenen Verkehrsstörungen in den schlüpfrigen Asphaltstraßen führten in den 70er Jahren wieder auf das bereits 1838 verwendete, aber wieder verlassene Holz als Straßenpflastermaterial zurück.

Dieses erste Holzpflaster Londons bestand aus Klötzen von schottischer oder norwegischer Kiefer, die als Stammabschnitte runder oder sechseckiger Form auf eine 8 cm starke Sandschicht verlegt wurden. Es erfreute sich bald solcher Beliebtheit, daß im Jahre 1843 mehr als 80 000 qm hölzernen Straßenpflasters vorhanden waren; dieser primitiven Form hafteten indes große Mängel an, die 1878 zu einem verbesserten 15 cm starken Betonbett führten. Damit waren die Grund-

[1]) Der „Grafschaftsrat" ist die mit großen finanziellen Befugnissen ausgerüstete Verwaltungsinstanz, welche allen Ausbaubedürfnissen jener 30 Einzelgemeinden der mächtig angewachsenen Riesenstadt und ihres noch stärker anschwellenden Verkehrs Rechnung zu tragen hat; er befaßt sich demgemäß mit öffentlichen Bauten, Brücken, Kanalisation, dem Ausbau und der Unterhaltung des Durchgangsstraßennetzes und ihrer finanziellen Deckung (durch Steuer-Umlagen).

lagen für die Bewährung des Holzpflasters geschaffen, die bis zur heutigen Zeit in London und anderen englischen Städten dauernd beibehalten wurden. Weitere Verbesserungen bezogen sich (nach Vespermann) auf die Verwendung der Holzarten und ihrer Verlegungsmethoden.

Während in den Jahren 1872 bis 1889 die jährliche Zunahme der Holzpflasterungen in Groß-London etwa 50 000 qm betrug, erhöhte sie sich in den Jahren 1890 bis 1893 um jährlich 110 000 qm. Die Gesamtfläche belief sich Ende 1893 auf 1,3 Mill. qm. Im Jahre 1909 entfielen nach einer amtlichen Statistik in 22 der wichtigsten Stadtbezirke Londons auf 1,17 Mill. qm Asphalt 3,11 Mill. qm Holzpflaster. Nach Freese darf der derzeitige Holzpflasterbestand Londons auf das 3fache der gesamten Holzpflasterfläche aller deutschen Städte geschätzt werden; das wären etwa 3,6 Mill. Quadratmeter.

Trotz der anfänglichen Erfolge waren Beschwerden wegen der ungleichmäßigen und schnellen Abnutzung, Beschwerden hygienischer und wirtschaftlicher Art (Höhe der Unterhaltungskosten) gegen das „kreosotierte Weichholzpflaster" laut geworden; und als daher im Lauf der 90er Jahre ungeheure Mengen australischer Harthölzer auf den englischen Markt gebracht wurden, entstand ein langjähriger Streit über die Überlegenheit zwischen Weich- und Hartholzpflaster, welcher zeitweise zugunsten des letzteren auslief, da nach einer amtlichen Rundfrage im Jahre 1901 bei über 100 englischen Städten $^1/_3$ der Londoner Bezirksverwaltungen und 24 größere Provinzstädte Weichholzpflaster verwenden, während $^2/_3$ der Londoner „boroughs" Hartholz bevorzugten. Im Verlauf des letzten Jahrzehnts scheint sich die Entwicklung wieder stark zugunsten des Weichholzpflasters verschoben zu haben, das in der Gegenwart vorherrscht. Nach Angaben der „Improved Wood Pavement Co." sind im letzten Jahrfünft viele früher mit australischem Hartholz [1]) gepflasterte Hauptstraßen Londons später wieder mit Weichholz gepflastert; der Umfang dieser Flächen soll von 1905 bis 1910 rund 100 000 qm betragen haben.

Nach „Norrington" wird das Endergebnis der Erfahrungen mit dem Hartholzpflaster dessen gänzliche Wiederaufgabe und die Rückkehr zum Weichholz sein; diese Ansicht, die mit der Meinung anderer Fach-

[1]) Nachdem die günstigen Erfahrungen mit Holzpflasterungen in australischen Städten (Sidney und Melbourne) auch in England bekannt geworden waren, wurde die Ausbeutung der reichen westaustralischen Waldbestände in Aussicht genommen, für die das Londoner Pflaster als günstigstes Absatzgebiet erschien. 1889 erfolgte in London die erste Anwendung des australischen Hartholzes zu Pflasterungen in Europa. Bei den dringlicher werdenden Forderungen nach geräuschlosem Pflaster und angesichts der geringeren Dauerhaftigkeit des Weichholzes, beschloß eine Anzahl Londoner Stadtverwaltungen die grundsätzliche Anwendung von Hartholzpflaster für Straßen mit schwerem Verkehr. Nach Erhebungen von 1902 sollen im Verlauf von 13 Jahren $2^1/_4$ Mill. Quadratmeter Fahrbahnflächen mit Jarrah und Karri gepflastert worden sein, und diese Fläche soll bis zum Jahre 1908 4 Mill. Quadratmeter überschritten haben. Diese Angaben aber scheinen auf Übertreibung zu beruhen, da nach der Statistik vom Jahre 1909 die gesamte Holzpflasterfläche Londons (mit Ausnahme von Bermondsey, Debsford, Finsbury, Islington und Paddington) $3^1/_4$ Mill. Quadratmeter betrug.

leute übereinstimmt, stützt sich auf die vorbemerkte Tatsache, daß in den letzten Jahren in den meisten Groß-Londoner Stadtbezirken und in einem Teil der Provinzstädte die Weichholzpflasterung die Hartholzverwendung stark überflügelt hat.

Die frühzeitigen, von 1842 bis 1880 in **Paris** angestellten Versuche mit Holzpflaster verliefen unbefriedigend, erst mehrere Holzpflasterstrecken auf Betonunterbettung, die eine englische Grafschaft 1881 in Paris zur Ausführung bringen ließ, hatte besseren Erfolg. Es bildeten sich französische Gesellschaften, die bis zur Mitte der 80er Jahre, also in kurzer Zeit, 400 000 qm Holzpflaster herstellen konnten; 1886 entschloß sich die Stadtverwaltung von Paris zum grundsätzlichen Übergang zur Holzpflasterung, und zwar für die Ausführung der Arbeiten in eigener Regie.

Während im Jahre 1881 nur 7000 qm Holzpflasterfläche vorhanden war, war dieselbe 1890 auf 534000, 1900 auf 1,44 Millionen[1]), im Jahre 1908 bereits auf **2,01** Mill. und 1911 auf **2,3 Mill.** qm, das sind über 25% der gesamten Straßenfläche von Paris, gestiegen. Im Gegensatz zum Londoner Beispiel sind diesem raschen Wachstum der Holzpflasteranwendung in der französischen Hauptstadt die Provinzstädte des Landes nicht gefolgt.

Die Verwendung australischer Harthölzer, von denen durch die Weltausstellung in Melbourne 1882 die Kunde auch nach Paris drang, hat dort keinen günstigen Boden gefunden. Nach dem Vorgang Londons wurde 1893 mit einem Versuch begonnen, der 1899 etwa 60 000 qm Hartholzpflaster vorfand; seit 1900 wurde die „Verwendung" desselben infolge nicht befriedigender Ergebnisse wieder zugunsten des Weichholzpflasters eingeschränkt. H. Vespermann hebt in seinem Eingangs genannten Werk hervor, daß den Pariser Ingenieuren das Verdienst gebühre, nicht nur die wissenschaftliche Behandlung der Frage gefördert, sondern auch durch regelmäßige Veröffentlichung ihrer Erfahrungen und Beobachtungen zur Aufklärung und Vervollkommnung der Technik der Ausführung in Deutschland vorbildlich geworden zu sein.

Während in London und Paris der Omnibusverkehr vorherrscht, ist derselbe in Berlin stark hinter dem Straßenbahnverkehr zurückgeblieben[2]); umgekehrt hat die geringe Ausdehnung des Straßenbahnverkehrs in London und Paris eine Bevorzugung der beweglicheren Omnibusse zur Folge gehabt. Bei einem Vergleich zwischen London, Paris und Berlin findet man, daß absolut wie relativ Paris die meisten Droschken, London die meisten Omnibusse, Berlin die meisten Straßen-

[1]) Davon 40 000 qm aus schwedischem Kiefernholz, 1 400 000 qm aus einheimischem Material.

[2]) Wir verweisen hierzu auf das, mit statistischem Ziffernmaterial und ausgezeichneten Schaubildern reich ausgestattete Werk „P. Wittig, Die Weltstädte und der elektrische Schnellverkehr"; Berlin 1909, sowie auf einen Aufsatz des Unterzeichneten, „Die moderne Großstadtbildung unter der Wirkung des elektrischen Verkehrs", abgedruckt in der eisenbahntechnischen Zeitschrift „Verkehrstechnische Woche" als Festausgabe zum XVII. internationalen Straßen- und Kleinbahnkongreß in Christiania, Juli 1912.

bahnwagen hat, wobei neuerdings in allen Beförderungsarten an die Stelle des Pferdebetriebes das Automobil getreten ist. So hat denn auch der öffentliche Verkehr durch Einführung zahlreicher Autodroschken und Auto-Omnibusse, durch Verwendung selbstfahrender Lastwagen im Geschäftsverkehr ein verändertes Antlitz erhalten. London überragt nach der Zahl der Kraftfahrzeuge alle anderen Weltstädte bedeutend: 1910 zählte es 23 560 private und 4790 öffentliche, also 28 350 Kraftfahrzeuge des öffentlichen Verkehrs, während Paris dieser Zahl 10 700 (davon 7124 in Privatbesitz) und Berlin (ohne Vororte) ihnen nur 3736 Kraftfahrzeuge (davon 2800 in Privatbesitz) entgegenstellen konnte.

Die größte Steigerung weist der Motordroschkenverkehr auf, der 1910 in London 6636, im vorhergehenden Jahre in Paris 3478, in Berlin 1911 dagegen nur 1049 Kraftdroschken umfaßte.

Die erste Verwendung des Holzpflasters erfolgte in **Deutschland** in den Jahren 1863 und 1874 in Bremen als Brückenbelag der Weserbrücke, größere Versuchsstrecken wurden zuerst 1876 gleichzeitig in Bremen und Hamburg ausgeführt. Die im Zeitraum von 1879 bis 1883 ausgeführten städtischen Probepflasterungen, wie die Versuche der „Großen Berliner Straßenbahngesellschaft" zur Holzauspflasterung der Pferdebahngleise fielen ungünstig aus. Von den bis 1892 nach verschiedenen Verfahren ausgeführten 146 000 qm Holzpflasterungen hatte sich keine bewährt, was zu einer allgemeinen Mißstimmung und zu dem verfrühten einseitigen Urteil führte, Holz sei als großstädtisches Straßenpflaster ungeeignet.

Umfangreiche Versuche in Frankfurt a. M., München und Mainz und in geringerem Umfang betriebene Verlegungen von Holzpflaster in Köln, Dresden und Leipzig endeten mit demselben Mißerfolg wie die großen Versuche Berlins und Hamburgs, und drohten infolge der technischen Verkennung des Wesens der Holzpflasterung zu einer völligen Beseitigung derselben zu führen, als die außerordentlich günstigen Berichte über das in Paris verlegte Holzpflaster bekannt wurden. Umfangreichere Pflasterungen, welche dann genau nach den bei den Pariser Regiearbeiten aufgestellten Grundsätzen in Berlin zur Ausführung kamen, zeitigten bessere Ergebnisse mit Holzpflasterungen aus schwedischem Kiefernholz. Sie führten zur Nachahmung in den Provinzstädten mit gleichfalls befriedigendem Erfolge. Nach einer Statistik des Jahres 1905 waren in deutschen Städten insgesamt nur **396 000** qm Holzpflasterfläche (davon 83% Weichholzpflaster) vorhanden. Unser Gewährsmann knüpft an die Tatsache, daß diese Zahl in Paris bereits Mitte der 80er Jahre erreicht war und sich 1905 die Holzpflasterflächen von Paris auf 2 Mill., die von London auf über 3 Mill. qm bezifferten, das Urteil, daß das Holzpflaster sich in deutschen Städten keiner Beliebtheit erfreut habe und seine Verwendung auf engen Raum beschränkt geblieben sei.

Das belegen die, jenem Quellenwerk entlehnten Ziffern der Tab. 1, welche zeigen, daß die dort aufgeführten 18 größeren Städte zu Ende des Jahres 1910 erst rd. 710 000 qm Holzpflaster umfaßten. In den nachfolgenden Jahren hat das Holzpfaster in Deutschland wieder

Tabelle I.

Überblick über die gesamten Holzpflasterflächen in größeren deutschen Städten in hundert qm (ar).

Ende des Jahres	Berlin	Hamburg	Bremen	Breslau	Frankfurt am Main	Mainz	Köln	München	Karlsruhe	Leipzig	Wiesbaden	Mannheim	Aachen	Dresden	Königsberg	Straßburg	Elberfeld	Charlottenburg	Zusammen
1879	37																		37
1880	37																		37
1881	115																		115
82	212			3															215
83	362			11															373
84	425			11	24														460
85	440			36	119	7													602
86	580			43	137	11	6												777
87	633			62	199	11	6												911
88	689			55	222	11	6												983
89	700		36	56	237	40	18	54	11										1152
1890	707		36	69	256	40	50	54	11										1223
1891	677	149	36	75	308	40	50	54	11	5									1405
92	647	157	36	83	332	40	71	68	26	5									1465
93	615	178	36	83	332	51	71	68	44	5									1483
94	607	200	36	88	332	51	71	86	46	8									1525
95	595	170	35	88	332	186	78	255	50	20	20				7				1836
96	706	161	34	90	328	253	78	372	61	47	20	21	7		7				2185
97	688	160	33	90	328	263	86	372	72	48	33	21	8	18	15				2235
98	746	168	33	90	313	276	86	373	72	66	33	44	12	18	69				2399
99	812	154	33	90	278	356	83	376	72	96	33	44	31	26	84				2568
1900	694	163	33	90	257	376	83	322	72	103	71	44	31	29	110				2478
1901	805	177	43	99	225	387	86	280	74	107	77	50	31	120	163				2724
02	853	111	43	109	204	387	86	280	74	134	96	50	31	132	163				2753
03	908	111	43	109	194	391	43	280	71	146	65	50	45	139	170			13	2778
04	1008	120	48	132	295	491	40	246	77	265	70	50	45	145	187	41		36	3296
05	1049	162	62	123	371	506	57	210	98	320	82	50	47	145	187	105	7	84	3665
06	1160	226	97	144	490	506	64	259	107	370	95	50	55	145	187	165	10	514	4644
07	1244	226	131	210	592	491	107	259	111	460	153	50	55	182	206	193	26	595	5291
08	1260	230	135	326	616	530	146	220	105	590	153	82	63	182	238	207	100	606	5789
09	1297	286	170	370	633	530	156	269	105	650	166	82	63	182	258	221	370	667	6475
1910	1354	269	181	404	719	530	176	288	108	904	168	82	63	202	261	249	396	745	7099

In den Zahlen des Jahres 1910 waren enthalten:

Hartholzpflaster:

1910	409	237	162	66	385	26	24	178		595			165	29	126	396	203		3001

Weichholzpflaster:

1910	945	33	19	338	334	504	152	110		309			37	232	123	—	542		3678

Tabelle II.

Die Verwendung australischer Harthölzer in Deutschland bis zum Jahre 1910 in 100 qm (ar).

Ende des Jahres	Leipzig	Berlin	Dresden	Hamburg	Frankfurt am Main	München	Bremen	Mainz	Königsberg	Elberfeld	Breslau	Charlottenburg	Köln	Straßburg	Zusammen
A. Australische Hölzer:															
1896	13			1											14
7	13		1	10											24
8	31	1	1	10											43
9	61	18	9	10											98
1900	69	27	11	14											121
1	73	27	102	14											216
2	93	29	102	34											258
3	95	60	107	34	8	14									318
4	129	119	107	42	23	25	9	24	10						494
5	179	197	114	76	53	40	8	24	10		1				708
6	228	230	114	93	143	40	8	23	9		1	167			1076
7	285	281	114	93	199	107	8	23	9	16	20	180			1355
8	355	311	145	93	273	110	8	24	9	67	52	180			1647
9	374	361	145	103	290	159	8	26	20	67	52	203			1828
1910	594	409	165	89	366	178	8	26	29	67	66	203			2220
B. Westaustralische Hölzer:															
1899		5		7											12
1900		.		15											15
1		.		21			43								64
2		.		.			.								—
3		.		.			.						10		10
4	1	.		.	13		.						20		34
5	1	.		31	14		56			1			20	66	229
6	1	.		65	14		.			1			20	116	217
7	1	.		.	19		.			1			23	126	170
8	1	.		.	19		.			3			23	126	172
9	1	.		.	19		143			303			24	126	616
1910	1	.		148	19		154			329			24	126	801
Zusammen Hartholz im Jahre 1910:															
1910	595	409	165	237	385	178	162	26	29	396	66	203	24	126	3001

größere Anwendung gefunden, so daß der Gesamtbestand deutscher Straßenpflasterungen in der Gegenwart auf 1,2 Mill. qm geschätzt wird. Tabelle 1 zeigt auch, in welchem Umfange an den Holzpflasterungen des Jahres 1910 das Hartholz beteiligt war. Nach

ihr entfielen in diesem Jahre von der Holzpflasterfläche Berlins von 135400 qm 40900 qm oder 30% auf australisches Hartholz; ein ähnliches Verhältnis (von 28% traf für Charlottenburg zu, während dasselbe sich in Hamburg auf 53% und in Leipzig gar auf fast 66% gesteigert hatte. Demgegenüber waren die Städte Breslau, Köln, Mainz und Königsberg dem Weichholzpflaster treu geblieben. Tab. 2 weist die Hartholzpflasterbezüge näher nach. Immerhin hat infolge des stetigen Anwachsens der Hartholzverwendung zu Pflasterzwecken dasselbe dem einheimischen Weichholz starken Wettbewerb bereitet [1].

IV. Technik der Pflasterung. Auswahl und Behandlung der Pflasterhölzer.

1. Straßenquerschnitte mit Holzpflasterung.

Das Querprofil der holzgepflasterten Straßen ist zum Zweck guter Abführung des Niederschlagswassers in die Seitenrinnen mit einer

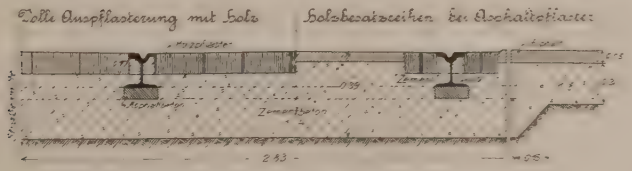


Abb. 203 a.

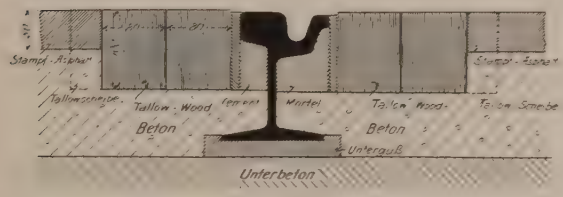


Abb. 203 b.
Einfassung mit Hartholzklötzen, gleichlaufend zu den Schienen.

mittleren Wölbung anzuordnen. Stärkere Wölbungen vergrößern die Schlüpfrigkeit, während zu schwache Überhöhung mit der eintretenden

[1] Es muß vom Standpunkt der Volkswirtschafts-politik aus befremdlich erscheinen, daß in schroffem Gegensatz zu englischem und französischem Vorbilde sowohl auf dem Gebiete der Eisenbahn-Oberbau-Unterschwellung, wie auf dem der großstädtischen Straßenpflasterung, dort die Staatsverwaltungen, hier die Kommunen der heimischen Holzverwendung scheinbar geringe Vorliebe entgegengebracht haben. Während der Staat im Kampf gegen das Eisen wenigstens die heimischen Waldbestände bevorzugt, schien die kommunale Politik eine Zeitlang bereit, neben dem bodenständigen Rohmaterial deutscher Wälder auch die hochentwickelten Veredelungsgewerbe der Holzzubereitung ohne Zaudern dem Auslandsbezuge zu opfern.

Abnutzung des Fahrdammes den Wasserabfluß hemmt. Nach trüben Erfahrungen mit zu schwachen Quergefällen in London ist man neuerdings allgemein auf Wölbungen mit $^1/_{30}$ bis $^1/_{40}$ Pfeil abgekommen (in Berlin ist $^1/_{40}$ üblich). Abb. 203a zeigt die Hälfte eines solchen Straßenquerschnitts, links mit voller Holzdecke, rechts mit Holzbesatzreihen, welche das Asphaltpflaster bei gleichzeitigem Vorhandensein von Straßenbahngleisen erfordert. Abb. 203b erläutert die Pflastertechnik und die Verlegung der Holzbesatzreihen in größerem Maßstabe.

Das Holzpflaster setzt sich nach dieser Abbildung und den heute geltenden Grundsätzen aus der schützenden, elastischen oberen Pflasterdecke und aus der tragfähigen, festen und widerstandsfähigen Unterbettung zusammen, der für die Frage der Haltbarkeit die gleiche Bedeutung zukommt, wie der sorgfältig ausgeführten Pflasterdecke selbst. Letztere ist aus würfelförmigen, mit der Hirnfaser nach oben verlegten Holzklötzen gebildet, die früher auf einer Zwischenlage (von Asphalt, Dachpappe, einer Mischung von Pech mit Kreosotöl und anderen Stoffen) auf dem Betonkörper verlegt wurde. Die heutige Praxis ist von solchen Zwischenlagen abgekommen. Von größtem Einfluß auf die Haltbarkeit ist wiederum die Art der Verlegung der Holzklötze des Pflasters. Die Weich- oder Hartholzklötze haben im allgemeinen eine Breite von 7,5 bis 8 cm. Nach Londoner Vorschriften hat sich die Länge zwischen 20 und 24 cm zu halten, während in Paris die durchschnittliche Klotzlänge 22 bis 23 cm beträgt; in Deutschland ist man bei Anwendung der schwedischen Kiefer auf 23 cm Länge abgekommen. Die Höhe der Klötze, welche nicht nur für die Haltbarkeit des Weichholzpflasters, sondern auch für die Kostenfrage von allergrößter Bedeutung ist, richtet sich nach dem Verkehr; sie wurde in England und Frankreich in den Hauptstraßen anfänglich bis an die Gegenwart heran auf 15 cm angenommen, während man jetzt in den verkehrsreichen Straßen, auch nach deutscher Auffassung, auf 13 cm, bei Nebenstraßen und geringerem Verkehr bis auf 10, selbst bis auf 8 cm herabgeht.

Beim Hartholz ist durchgehends eine Ermäßigung der Pflasterdecke um 1 bis 2 cm zulässig.

Die Verlegungsverfahren selbst, die Anordnung in Streifen, Reihen, in Kurven, in Diagonalen, vor allem aber Fugenbreite und Fugenschluß, welche das Teilbild 203b deutlicher erkennen läßt, sind in allen Großstädten Gegenstand langjähriger Versuche gewesen.

Bei dem viel verbreiteten „System Kerr" wurde das Pflaster mit Hilfe von Fugenleisten auf 8 bis 10 mm weite Fugen verlegt, die letzteren im unteren Teil auf $^1/_3$ bis $^1/_1$ der Höhe mit einer heißen, dünnflüssigen, bituminösen Masse, der verbleibende obere Teil mit dünnem Zementmörtel ausgegossen. Dieses Verfahren, welches hohe Unterhaltungskosten zur Folge hatte, entsprach nicht den Erwartungen, es ist sowohl in England wie in deutschen Städten aufgegeben, während es in Paris noch stellenweise Anwendung findet.

Aus den vielen Verfahren, welche auf eine Kombination der Gebrauchselemente Weichholz und Hartholz, bei enger oder weiter Fuge, bei Zementverguß bzw. bei bituminösem Asphaltverguß hinausliefen,

hat sich in großen Hauptzügen folgende Praxis ergeben: beim Weichholzpflaster kommen wesentlich nur noch zwei Verlegungsarten in Betracht: a) die Anordnung weiter Fugen unter Einschaltung von Fugenleisten bei Verwendung von Zementguß nach Pariser Art; b) die Verlegung mit engen Fugen unter Verwendung bituminöser Ausgußmasse [1]) nach Londoner Vorbild. Bei dem Verfahren zu a werden unter der Wirkung des Verkehrs die Fasern an den oberen Kanten der Klötze umgelegt und treten bei nicht zu großem Abstand der Klötze miteinander in innige Verbindung, bei welcher der obere Teil der Zementfuge sich völlig schließt, bei dichtem Fugenschluß dagegen unterstützen sich die Fasern der Nachbarklötze unter der Stauchwirkung des Verkehrs gegenseitig, es entsteht eine, den Bestand der Decke weniger gefährdende gleichmäßige Oberfläche. Dieses Verfahren mit engen Fugen genügt dem dichtesten Verkehr und ist dabei von einer Verringerung der Schmutz- und Mikrobenbildung begleitet. Die Mindestgrenze der Fugenweite (3 bis 5 mm) wird durch die Hygroskopizität und die Ausdehnungsnotwendigkeit der Klötze infolge der Temperaturunterschiede gezogen.

Um dem Quellen des Holzes vorzubeugen, ist für enge Fugenbildung eine Tränkung nach wirksamsten Verfahren unerläßlich.

Auch die **Abdeckung** des Pflasters spielt bei der Herstellung eine große Rolle. In englischen Städten wird unmittelbar nach Aufbringung eines dünnen Scheuer-Überzuges von künstlichem Asphalt oder Zementmörtel die Oberfläche mit einer Schicht grobkörnigen scharfen Kieses bis zu 1 cm Korngröße oder mit einer Mischung von heißem Teer und Granitgrus überdeckt.

Die Kieskörner oder Steinsplitter werden durch den Druck der Fahrzeuge zermalmt und zerrieben und unter Mitwirkung der Feuchtigkeit in die Fasern des Hirnholzes eingepreßt, mit denen sie eine dichte, feste, rauhe und harte Filzschicht bilden. Diese schließt die Fugen und bildet einen Oberflächenschutz des Pflasters gegen Abnutzung, Wasser und Fäulnis, erhöht den Zugwiderstand der Straße für die Fahrzeuge und wird nach übereinstimmenden Erfahrungen für die weicheren Nadelhölzer allgemein als wichtigstes lebensverlängerndes Mittel des Holzpflasters anerkannt. Beim Hartholzpflaster werden die Klötze unter Eintauchung ihrer Seitenflächen (oder Ecken) in heißen Gudrun mit möglichst engen Fugen dicht aneinander getrieben und später die Fugenausfüllung durch Verguß ergänzt.

2. Wahl der Holzart.

Von besonderem Einfluß auf Güte und Dauerhaftigkeit der Pflasterung ist das Material. Man suchte daher von Anfang an die Holzart zu ermitteln, welche unter gegebenen örtlichen Verhältnissen für den

[1]) Während die Zementmörtelvergüsse aus 1 Th. Zement bei 2—3 Teilen Sand bestehen, wurde in England als bituminöser Verguß eine Mischung aus Teer oder Pech mit Kreosotöl verwendet, welcher zur Erhöhung der Festigkeit geschlemmte Kreide zugesetzt wird.

vorliegenden Verkehr bei größter Lebensdauer sich am billigsten stellt; die Praxis hatte dabei auf leichte Beschaffbarkeit zu sehen. Aus diesen Bedingungen heraus ergab sich, daß nur eine beschränkte Zahl von Holzarten zur Pflasterung sich eigne. Von einheimischen Laubhölzern kamen dieserart, nach Ausscheidung des immer seltener und kostspieliger gewordenen Eichenholzes, Buche, Esche und Ulme in Betracht. Während in England Buchenholz zu teuer war, wurde dasselbe in Deutschland mit seinen reichen Buchenwaldbeständen von Anfang an in größerem Umfange als Pflastermaterial verwendet, aber mit dem Endergebnis, daß man nach verschiedenen Mißerfolgen in Deutschland von seiner Verwendung absah [1]), dafür seine Zuflucht zu den harzhaltigen Nadelhölzern nahm, welche durch ihre größere Massenproduktion von vornherein dazu einluden. In England wurde anfangs weicheres Fichten- und Tannenholz wegen seiner gleichmäßigeren Abnutzungsfähigkeit dem härteren, aber spröderen Kiefernholz vorgezogen, aber man kam dort bald zu der Erkenntnis, daß das Kiefernholz wegen seines Harzgehaltes widerstandsfähiger gegen atmosphärische und mechanische Einwirkungen sei, auf Grund dessen in England die dort vorkommende Kiefer (Read deal) viel zu Pflasterzwecken verwendet wurde. In Deutschland haben sich die einheimischen Nadelhölzer (die pommersche, westpreußische, schlesische, die oberbayerische, die hessische, die Schwarzwaldkiefer) infolge ihres schnellen Wachstums als zu leicht und zu wenig harzreich erwiesen und sind aus diesem Grunde bis jetzt für Pflasterzwecke nicht in Betracht gekommen [2]).

Von europäischen Nadelhölzern hat nach Erprobung oberösterreichischer, bosnischer Kiefern, steirischer und kärntener Gebirgslärchen und anderer Arten, weitaus die schwedische Kiefer (Pinus sylvestris) sich frühzeitig den englischen, und seit Beginn der 90er Jahre auch den deutschen Markt erobert; die Weichholzpflasterungen deutscher Städte sind ganz überwiegend aus nordischer Kiefer hergestellt, und es ist zu erwarten, daß diese Holzart in Zukunft den Markt noch mehr beherrschen werde. In Frankreich ist an ihre Stelle die gleichwertige französische Seestrandkiefer aus dem Departement Landes und von der Garonne (Pin des Landes) getreten, die, wie a. a. O. bemerkt, auch eine große Rolle in den Gleisen des Eisenbahnsystems der französischen Südbahn spielte.

[1]) Wir unterlassen nicht, darauf hinzuweisen, daß die Buche in der Schwellenverwendung aus mißverständlicher Deutung des roten Kernes das gleiche Schicksal zu beklagen hatte, daß sie nahezu aus den Gleisen der großen deutschen Eisenbahnverwaltungen verbannt wurde, während heute die Buchenschwelle nach verbesserter Einsicht in das Wesen der „roten Kernbildung" und nach Erkenntnis der lebensverlängernden Wirkung der „Teerölträukung" als die dauerhafteste, in buchenwaldgesegneten Ländern gleichzeitig als die wirtschaftlichste Eisenbahn-Unterschwellung der Gegenwart sich ausgewiesen hat. Aus dem Abschnitt „Oberbau" sei daran erinnert, daß der rohen Buche 5, bei Hochdruck-Teerölträukung dagegen eine Betriebsdauer von 25—30 Jahren zukommt.

[2]) Im Jahre 1905 waren in deutschen Städten 30 000 qm Holzpflaster aus deutscher Kiefer vorhanden, was nach Tab. 1 etwa 9% der Gesamtfläche entspricht.

Der Blick der europäischen Großstadtverwaltungen wendete sich frühzeitig ausländischen Harthölzern zu, die im ungetränkten Zustande eine höhere Widerstandsfähigkeit gegen atmosphärische Witterungsangriffe, wie gegen die mechanischen Kraftwirkungen des Verkehrs zu bieten schienen, als die nach verschiedenen Verfahren getränkten Weichholzklötze. Diesen schwer zu bearbeitenden Hölzern ist eine größere Dichtigkeit des Gefüges, größeres Gewicht, größere Härte und infolge davon größere Dauer eigen; dieser wertvollen Eigenschaften halber waren dieselben schon gelegentlich bei Brücken-, Hafen- und Werftbauten als Eisenbahnschwellen und Telegraphenstangen verwendet, schienen auch für Straßenpflasterungen, besonders nach den in den australischen Großstädten damit angestellten großzügigen Versuchen, vielversprechend. Australien ist das Land, welches die ausländischen Harthölzer zuerst in größerem Umfange in Europa eingeführt hat und gegenwärtig den Markt derart beherrscht, daß es für deren Bezug allein in Frage kommt. An australischen Harthölzern werden in größerem Umfange verwendet verschiedene Arten des Eukalyptusbaumes (der rote, schwarze, blaue Gummibaum, der weiße Buchsbaum, die Esche), das Tallowwood (der Talgbaum), das Blackbutt, die Turpentine (Syncarpia laurifolia), das Mahagony und andere Holzarten. Die für Pflasterzwecke bewährtesten Hölzer sollen sein: der red gum (rote Gummibaum) von Viktoria, der blue gum und der spotted gum (blauer und gesprenkelter Gummibaum) von Neusüdwales, das Tallowwood von Neusüdwales und Queensland, das Blackbutt von Neusüdwales, vor allem das westaustralische Karri- und Jarrah-Holz, das fast ausschließlich in London und englischen Städten für Pflasterungen verwendete Hartholz. Nach einer Aufstellung von Ende 1905 bestanden von den damals vorhandenen 72 000 qm Hartholzflächen Deutschlands etwa 58 000 qm aus Tallowwood und Blackbutt, 7000 qm aus Jarrah, 1400 qm aus Karri und 5000 qm aus anderen Holzarten: Karri ist zurzeit völlig durch das Jarrahholz verdrängt. Tab. 2 zeigte die Verwendung von ost- und westaustralischen Harthölzern in Deutschland.

Bis zum Jahre 1903 waren in Paris verwendet in 100 qm (ar): 697 Karri aus Westaustralien, 319 Teak aus Java und Indochina, 107 Liem aus Tonking und Anam, 11 Eisenholz aus Bornea, 9 Jarrah aus Westaustralien, 9 afrikanische, 32 amerikanische, 12 ar sonstige australische Harthölzer.

V. Die Tränkungsnotwendigkeit der Weichholzklötze und die besten Tränkungsverfahren.

Bis zum Jahre 1886 waren $^2/_3$ aller in London liegenden Holzpflasterflächen keiner Behandlung unterzogen. Die bis zum Beginn der 90er Jahre in den verschiedensten Stadtbezirken verwendeten ungetränkten Holzklötze hielten jedoch lange die Feuchtigkeit, wurden bald mit Unreinlichkeiten durchtränkt und hatten große Ausdehnungen und Quellungen zur Folge; in Finsbury mußte eine Strecke mit unbehandeltem Holz nach 3 Jahren umgelegt werden, nach „Norrington“ hat das letztere

in Lambeth 5, in Bristol 6, in Fulham 7 bis 8 Jahre unter mäßigem Verkehr ausgehalten. Bei den mit rohem und getränktem Kiefernholz angestellten Versuchen wurde festgestellt, daß das getränkte (kreosotierte) Holz besser trocknete, sich besser reinigen ließ und eine beträchtlich längere Dauer hatte. Gleiche Erfahrungen weist die Geschichte der Holzpflasterungen in Paris und Berlin auf. In Berlin und Hamburg geriet die Oberfläche unbehandelter einheimischer Weichholzarten nach wenigen Jahren in einen schwammartigen Zustand, sog Wasser auf, stellte sich als schnell vergänglich und daher als ungeeignet heraus, während getränkte Hölzer ein durchaus brauchbares, witterungsbeständiges Material abgaben. Im Gegensatz zu diesen Weichhölzern besitzen die fremdländischen Harthölzer einen erheblichen Bestand fäulniswidriger Grundstoffe an Ölen, Harzen, Gummi, Tannin, die der Erhaltung ebenso günstig wie der Entwicklung der Mikroorganismen feindlich sind; insbesondere gilt das von den Eukalyptusarten (mit hohem Gehalt an Gerbsäure), welche infolge ihres dichten Gefüges kein Wasser aufnehmen und daher einer Tränkung nicht bedürfen.

Während man beim Tränken des Nutzholzes den Zweck verfolgt, das Holz gegen Fäulnis und mechanische Angriffe widerstandsfähiger und damit dauerhafter zu machen, hat bei den Pflasterklötzen ebenso wie bei den Bahnschwellen, die Tränkung die Aufgabe, die Holzteile den Einflüssen der Witterung und der Kleinlebewesen zu entziehen, Härteungleichheiten auszugleichen, das Aufquellen und Treiben, wie das Aufsaugevermögen derselben nebst dem Aufsteigen (Verwerfen) der fertigen Pflasterdecke zu verhindern.

Unter Bezugnahme auf die im Zweiten Teil, Abschnitt B dieses Buches behandelten Konservierungsverfahren nach Tränkart und Tränkstoff sei hier im geschichtlichen Zusammenhange darauf hingewiesen, daß fast alle diese Tränkungsarten auch bei der Holzpflasterung erprobt sind. Der dort eingehender behandelte Nachteil der Auslaugbarkeit wässeriger Metallsalzlösungen (Kupfer, Zink, Eisen, Quecksilber) in Gestalt von Chlorzink, Kupfer-, Eisenvitriol, Sublimat usw. durch das Untergrundwasser machte sich bei dem der Nässe in hohem Grade ausgesetzten Straßenpflaster in höherem Maße bemerkbar, als bei der Schwelle des Eisenbahnoberbaues, weil bei der letzteren die Trockenhaltung der in den gut entwässerten Bettungskörper eingebetteten, aber luftumspülten Einzelschwelle sich leichter erreichen läßt als beim Holzpflaster, bei welchem die Einzelklötze zu einer Gesamtdecke eng aneinander gereiht sind. Man kam daher nach den reichen Schwellentränkungs-Erfahrungen schon frühzeitig auf die Gruppe der brenzigen Tränkstoffe, das Teer- und das Kreosotöl, ab.

In England wurden die Klötze anfangs lediglich in Steinkohlenteer eingetaucht; es liegt aber nahe, daß der undurchlässige Porenverschluß einer Teerhaut dem umhüllten Holzkörper die Möglichkeit der Verdunstung seines eigenen Feuchtigkeitsgehaltes benimmt und damit der inneren Zersetzung Vorschub leistet; ein solcher Holzklotz, der durch den Schutz einer Teerhaut der Charybdis der äußeren Ver-

nichtungsgefahr entronnen ist, wird in der Tat um so schneller der Scylla des inneren Auflösungsprozesses ausgeliefert.

Vorbedingung für den Tränkungserfolg ist eine durchgreifende Behandlung des Holzkörpers, bei der die fäulniserregenden Kräfte unwirksam gemacht werden; eine solche Behandlung ermöglicht das schwere, bei der Destillation des Steinkohlenteers gewonnene und für den „Kreosotierungsprozeß" verwendete Teeröl, Kreosotöl, in der Regel „Kreosot" genannt. Dasselbe übt, wie im II. Teil dargelegt, chemische (Eiweißgerinnung) und mechanische (Zellschutz gegen Eindringen von Luft und Wasser) Konservierungswirkungen aus, und darin liegt bei der Pflastertränkung der besondere Vorteil der Teerölträukung gegenüber wässerigen Metallsalzlösungen.

Einige Ingenieure waren der Ansicht, daß die Teerölträukung in erster Linie die Widerstandsfähigkeit des Pflasters gegen Atmosphärilien erhöhe und daher nur für leichten Verkehr wirtschaftliche Berechtigung habe, bei dem das Holzpflaster anderenfalls vor der Zeit durch die Nässe bedroht werde, während bei schwerem Verkehr der Abgang des getränkten Weichholzpflasters durch mechanische Zerstörung eintrete, ehe die erhöhte atmosphärische Widerstandsfähigkeit ausgenutzt sei. Diesen Ansichten gegenüber geht die neuere Anschauung hervorragender Fachleute dahin, daß ein solches Urteil nur für das Eintauchverfahren zutreffe, daß unter übrigens gleichen Verkehrsverhältnissen die Haltbarkeit der unter Druck behandelten Klötze gegenüber den ungetränkten sich nahezu verdoppele, (Weaver) oder sich mehr als verdoppele (Norrington).

Das sind die Schutzwirkungen des Teerölverfahrens, wie sie bei den kiefernen Holzschwellen allgemein in verdoppelter bis verdreifachter Lebensdauer anerkannt werden.

Innerhalb der Teerölbehandlung, der sogenannten Kreosotierung des Holzpflasters, ringt nun die einfachere und billigere Tränkung durch Eintauchen mit dem kostspieligeren Kreosotieren unter Druck um die Vorherrschaft.

Während von den verschiedenen in England angewendeten Verfahren keines solche Verbreitung gefunden hat, wie das „Kreosotieren unter Druck", das dort infolge ausgezeichneter Erfahrungen mit demselben gegenwärtig allein im Gebrauch ist, ist Paris, scheinbar aus wirtschaftlichen Erwägungen heraus, beim billigeren Eintauchverfahren[1]) verblieben.

[1]) In dem in Paris üblichen Regiebetriebe wurden gezahlt an Kosten für Material und Arbeitslohn der Kreosotierung unter Druck 2,4 Mk. f. d. qm 12—15 cm hoher Pflasterklötze, dagegen nur 0,36 Mk. nach dem Eintauchverfahren, trotzdem in Paris mit der Durchtränkung recht günstige Erfahrungen erzielt wurden. So lag eine Fläche mit schwedischer Kiefer, unter einem Druck von 300 kg Kreosotaufnahme f. d. cbm behandelt, welche im Jahre 1892 auf dem Platz des théatre français verlegt war, nach 14 Jahren, eine unter gleichartigen Verhältnissen verlegte Pflasterstrecke nach 13 Jahren noch gut und unerneuert da. Diese Erfahrungen haben gezeigt, daß europäische Hölzer, wie Seestrand- und nordische Kiefer durch antiseptische Behandlung völlig unverfaulbar gemacht werden können und daß das Kreosotieren unter Druck das einzige Konservierungsverfahren ist, welches nach dieser Richtung hin vollen Erfolg verspricht.

Und nach dem Vorbilde von Paris ist man auch in Berlin bei der umfangreichen Verwendung schwedischer Kiefer ausnahmslos zum Eintauchen der Klötze in kreosothaltiges Teeröl übergegangen; seit jener Zeit gilt die Anwendung „reinen Teeröls ohne Hochdruck" als für den Zweck ausreichendes Tränkungsverfahren, trotzdem die Durchtränkung keine vollkommene ist und sein kann.

Es mag zugestanden werden, daß die Lebensdauer imprägnierter Holzschwellen (bei Eiche $1^1/_2$fache, bei Kiefer 2 bis $2^1/_2$fache, bei Buche 5fache Lebensdauer) bei Pflasterklötzen sich nicht voll erzielen läßt, da neben der mechanischen hier andere Ursachen der Zerstörung mitsprechen; so bieten die Pflasterklötze neben dem Wechsel der Feuchtigkeit der Fäulnis besonders günstigen Boden, weil Flüssigkeiten, wie der das Holz zersetzende organische Urinstoff ihnen unmittelbar die Zersetzungskeime zuführt.

Angesichts dieser Sachlage wurden sowohl in London wie in Paris auch anderen, neueren Tränkungsverfahren, so dem Todelit- und dem Haskin-Verfahren (Unschädlichmachung des Zellsaftes durch Destillation), vor allem dem Verfahren des australischen Ingenieurs Powell in Sydney aufmerksame Beobachtung zugewendet[1]).

Bei letzterem werden die Hölzer in offenen Behältern oder in geschlossenen Gefäßen zunächst in eine kalte, antiseptische, mit Arsenik und anderen fäulniswidrigen Stoffen (die das Geheimnis des Erfinders bilden) versetzte Zuckerlösung gewissen Gehalts eingetaucht, zum Kochen gebracht und je nach Art und Umfang der zu behandelnden Holzstücke (Pflasterklötze, Schwellen, Bauhölzer, Tischlereihölzer, Paneele usw.) kürzere oder längere Zeit bis zu mehrtägiger Dauer darin gehalten. Während des Kochens entweicht Luft und Feuchtigkeit in Form von Blasen und Dämpfen aus dem Holz, um bei der nachfolgenden mehrstündigen Abkühlung der Lösung die entleerten

[1]) Das „Powell-Wood-Process Syndicate, Ltd." zu London gibt in einem Prospekt einen historischen Abriß über Entstehung und Ausbildung dieses Prozesses. Danach ist derselbe das im Jahre 1902 abgeschlossene Ergebnis von Untersuchungen, um der Trockenfäule der Hölzer vorzubeugen. Der Erfinder ging von dem Gedanken aus, daß Zucker, selbst das kristallinische Ausscheidungserzeugnis der Pflanzensäfte, und als Lösung gewissermaßen selbst eine amorphe Form des Holzes darstellend, auch geeignet sein müsse, die Zellwände desselben vor dem Eintritt des Trockenfäule-Myzels zu schützen. Der Grundgedanke, gerade der Zuckerlösung konservierende Eigenschaften zuzuschreiben, wird auf die Tatsache gestützt, daß dem gefällten Zuckerrohr selbst sowohl gegen atmosphärische wie gegen tierische Angriffe (Ameisen) eine abnorme Widerstandsfähigkeit eigen sein soll. Versuche lehrten dann, daß der Zersetzungsprozeß des Holzes durch Zuckerlösungen lange Zeit hinauszuschieben sei, nachdem die Zellgewebe (ohne Druck oder Vakuum) denselben assimiliert hatten. Es wurde nach diesen Vorversuchen ein Syndikat gebildet und im Jahre 1904 eine Anlage in Stratford, dem Geburtsort Shakespeares, bei London zur Fortbildung des Prozesses in großem Stil errichtet. In Australien wurde der Prozeß zuerst auf Karri und Jarrah angewendet, um diese Harthölzer gegen Termiten zu schützen, er fand dort außer auf Hartholzschwellen auf Pflasterklötze ausgedehnte Anwendung. Über die Prüfungsergebnisse der nach diesem Prozeß behandelten indischen Holzschwellen berichtet eingehend „R. S. Pearson", der wirtschaftliche Leiter der Kaiserlich indischen Forst-Versuchs-Anstalt zu Dekra Dun. in den von ihm herausgegebenen „indischen Forstberichten."

Zellen vollkommen mit der Zuckerlösung auszufüllen. Für billiges Nutzholz kommt Melasse, für teurere Hölzer bessere Zuckersorten in Anwendung. Die Lösung bildet mit dem Zellstoff eine lose molekulare Verbindung, so daß unter dem Mikroskop keine Spuren von Zucker zu finden sind und die Saccharinlösung in einen organischen Bestandteil der Holzfaser umgewandelt erscheint. Die getränkten Klötze werden dann in Trockenkammern getrocknet und sind für den Gebrauch fertig. Die Kosten des Verfahrens sind etwa die gleichen wie bei der Kreosotierung.

In der Berichterstattung der „Indian forest records, Calcutta 1912" werden als Vorzüge des Powell-Prozesses nach Angabe seines Erfinders genannt: Immunisierung der Hölzer gegen Ameisenangriffe (diese Sicherung ist für den Zeitraum von einem Jahre durch amtliche Versuche in Indien nachgewiesen), verringertes Feuchtigkeitsaufnahmevermögen, infolge davon Volumbeständigkeit, geringere Neigung zu Verwerfungen und zum Spalten (Rißbildungen), Erhöhung des Härte- und Festigkeitsgrades, Geruchlosigkeit! Auch hier werden langjährige Erfahrungen erst den Nachweis zu erbringen haben, ob dieser Prozeß die ihm nachgerühmten Vorteile in höherem Maße bestätigt, wie die vielen anderen Verfahren der offenen Behandlung, über die das genannte Werk ebenso gründlich berichtet. Es sind die Tränkungsprozesse mit Quecksilberchlorid, Avenarius-Karbolineum, Jodelit, Atlaslösung (giftige Lösung geheimer Zusammensetzung), Solignum, dessen Grundbestandteil schweres Kreosotöl verschiedener Stärken (braun, grün, rot) ist, Grünöl (ein ebenfalls karbolineumartiges Kreosotöl), Mikrosol (Kupfervitriol, schwefelsaure Soda, Limesulphat, freie Silikate und Kupfer-Sulpho-Phenol-Verbindungen), Bellit, Kreosot-Calcium, Creosoyle und viele andere Tränkflüssigkeiten, wie Hylinit, Anthrol, Afral, Antiformin, Lysol usw.

VI. Herstellungs- und Unterhaltungskosten des Holzpflasters.

Der wirtschaftliche Entscheid für das eine oder das andere Holzpflastersystem (ungetränkte ausländische Harthölzer oder getränkte Weichhölzer, und letzterenfalls die Wahl des Tränkungsstoffes sowie der Tränkung in offenem Behälter oder unter Druck) läuft darauf hinaus, den Herstellungskosten, zuzüglich der Unterhaltungs- und Reinigungsaufwände, die mittlere Lebensdauer der betreffenden Pflasterart gegenüberzustellen, deren Beziehungen durch die im „Abschnitt über die Holzschwellen" gegebene Wirtschaftsformel festgelegt sind.

Die **Herstellungskosten** des Holzpflasters umfassen die Beschaffung der Klötze, die Herstellung der Unterbettung, die Verlegung der Holzdecke und, bei Ausführung durch Unternehmer, die Kosten der unentgeltlichen Unterhaltung. In Berlin stellten sich bei der Durchtränkung und Verlegung des schwedischen Kiefernholzes, nach Pariser Art, die Kosten f. d. qm Pflasterdecke bei Anwendung 13 cm hoher Klötze bis zum Jahre 1900 auf 12,5 und später auf 13 Mk.; sie bewegen sich zurzeit zwischen 12 und 13 Mk. Dies gilt auch für eine größere Anzahl anderer

deutscher Städte, obgleich in Stuttgart, Darmstadt, Bremen, Wilmersdorf, Wiesbaden Preise bis zu 15 Mk. zu verzeichnen waren. Bei Pflasterungen in 10 cm Stärke ermäßigt sich der Preis auf 11 bis 12 Mk. Darin ist eine dreijährige freie Unterhaltung eingeschlossen. Die Kosten für die auf dem Umwege über England bezogene, unter Hochdruck getränkte und nach Londoner Art verlegte schwedische Kieferholzdecke stellen sich pro qm etwa 1,4 Mk. teurer.

In London beliefen sich die Herstellungskosten für Pflaster aus westaustralischem Holz im Mittel auf 14 Mk. f. d. qm.

Die Preise für 10 cm hohes Pflaster aus ostaustralischem Holz, welches sich im Jahre 1899 in Berlin auf über 19 Mk. stellte, fielen infolge der Konkurrenz später auf 15 Mk., vor Kriegsausbruch dürfte der Preis für Lieferung und Verlegung der Holzdecke sich auf 16 Mk. belaufen haben.

Die Kosten für 1 qm Betonunterbettung stellten sich in London je nach der Stärke auf 3 bis 4 Mk., in Paris werden dafür 3,4 Mk. in Ansatz gebracht, während in Berlin sich beim Weichholzpflaster die Kosten der 17 cm starken Betonunterbettung auf 4,1 Mk. stellten. Die Kosten der Betonunterbettung belaufen sich in deutschen Städten allgemein auf 4 bis 4,5 Mk. für den qm. Die gesamten Herstellungskosten beliefen sich in den Londoner boroughs für den Zeitraum von 1903 bis 1908 für 10 cm hohe Pflasterdecke im Mittel auf 14 Mk. für den qm, in den englischen Provinzstädten auf 15 bis 16 Mk., in Paris für 12 cm hohe Klötze dagegen nur auf 12,8 Mk. In Berlin beliefen sich die Gesamtkosten (einschließlich dreijähriger Unterhaltung) auf 17 Mk. Dieselben sind daher in Paris am geringsten, halten sich in London in mäßigen Grenzen und sind in Berlin am höchsten.

Für die **Unterhaltung** verlangten englische Unternehmer, je nach Lage, Güte und Verkehrsbelastung der Straßen, in letzter Zeit einen Betrag von 0,6 bis 1,5 Mk. für den qm Pflasterfläche, der für die verkehrsreichsten Straßen Londons, wie Ludgate Hill und Fleetstreet, auf 1,8 Mk. steigt. Im allgemeinen belaufen sich die Kosten bei mittlerem Verkehr auf 0,40 bis 0,75 Mk., bei starkem auf 1 bis 1,25 Mk. und auf Straßenstrecken besonders starken Verkehrs auf 1,2 bis 2,0 Mk. für den qm. Die verhältnismäßig geringen Herstellungskosten des Weichholzpflasters werden somit durch die höheren Unterhaltungskosten wieder aufgewogen. In Paris betrugen die Instandhaltungskosten (ohne Verzinsung und Tilgung der ersten Herstellung) einschließlich der Kosten für das Aufnehmen und Umlegen des Pflasters im Durchschnitt der Jahre 1896 bis 1906 1,06 Mk. pro qm; im allgemeinen werden die durchschnittlichen Unterhaltungskosten zu 0,95 Mk. angenommen.

Nach den Verwaltungsberichten Berlins schwankten die Unterhaltungs-Aufwendungen von 1901 bis 1905 zwischen 0,35 und 0,86 Mk.; sie betrugen im Mittel 0,62 Mk., in den meisten deutschen Großstädten bewegten sie sich um 1 Mk. herum. Die Unterhaltungskosten des Hartholzpflasters stellten sich anfänglich in diesen Großstädten, vor allem in Sidney selbst, wesentlich niedriger, sollen aber, den riesig gesteigerten Verkehrsverhältnissen entsprechend (Autobusse und Autos, Droschken),

in der City von London sich auf 1,2 Mk., selbst bis auf 2 Mk. gesteigert haben. Als jährliche Vergütung für Unterhaltung von Hartholzpflaster werden in der Regel bis zum 10. Jahre 0,3 Mk., darüber hinaus 0,5 bis 0,6 Mk. von den Unternehmern gefordert.

Die Reinigungskosten sind etwa dieselben wie beim Asphaltpflaster, aber höher als beim Steinpflaster; sie schwanken je nach der Verkehrsgröße zwischen 0,3 bis 0,7 Mk. für den qm. Mit diesen Angaben nach Vespermann decken sich in den Hauptzügen die Mitteilungen, welche Freese auf S. 105 seines eingangs zitierten Buches macht. Nach städtischen Berichten hat das Holzpflaster bei Anwendung des Niederdruckverfahrens in Berlin eine durchschnittliche Lebensdauer von 12 Jahren, in den meisten anderen deutschen Städten eine solche von 15 Jahren erreicht. Die durchschnittlichen jährlichen Unterhaltungskosten stellen sich bei starkem Verkehr auf 70, bei schwachem Verkehr auf 35 Pfennige für 1 qm. Freese berechnet darnach die jährlichen Gesamtkosten bei starkem Verkehr auf: $\frac{13{,}0 + 9 \,.\, 0{,}70}{12} = 1{,}61$ Mk., bei mittlerem und schwachem Verkehr auf: $\frac{11{,}50 + 12 \,.\, 0{,}35}{15} = 1{,}05$ Mk. In Paris rechnet man im Durchschnitt (bei 9jähriger Lebensdauer) 1,70 Francs jährlich.

VII. Wirtschaftlichkeit und Gesichtspunkte für die Wahl des Hartholzpflasters.

Was die Wirtschaftlichkeitsfrage der verschiedenen Holzpflasterungen anlangt, so sind gelegentlich von Fachleuten vergleichende Rentabilitätsrechnungen für einzelne Stadtgemeinden aufgestellt. Sie laufen, wie bei der „Eisenbahnschwelle" auf eine Ermittelung der jährlichen Zins- und Tilgungsquoten für die Herstellung, zuzüglich der jährlichen Unterhaltungskosten, hinaus. In diesen Wirtschaftsrechnungen ist, neben den jährlichen Unterhaltungskosten die, dem getränkten Weichholzpflaster einerseits, dem australischen Hartholzpflaster andererseits zuzubilligende mittlere Liegedauer die große Unbekannte, aus deren Wahl sich die Rechnung entscheidet. Im allgemeinen darf man sagen, daß infolge der geringeren Abnutzung einer Weichholzdecke von 15 cm Höhe eine solche aus 10 cm hohen Hartholzklötzchen gleichwertig sei. Die Mehrausgaben von 3 bis 4 Mk. in der Herstellung in Hartholz werden dann durch die geringeren Unterhaltungskosten der letzteren voll ausgeglichen, wenn man denselben die $1\frac{1}{2}$fache Lebensdauer zuschreibt. Diese Wirtschaftsbetrachtungen dürften auch für den seinerzeitigen Übergang Berlins zum Hartholzpflaster maßgebend gewesen sein. Die Quittung auf die Richtigkeit derselben wird erst später, vielleicht zu spät, in Gestalt der Erfüllung oder Nichterfüllung der der Rechnung zugrunde gelegten Liegedauer-Differenz erbracht, die man der teureren Pflastergattung gegenüber der getränkten Weichholzdecke zubilligte. Für diese ist aber neben der gewählten Holzart die Art der Tränkung ausschlaggebend.

Man kann aus den Erfahrungen und der endgültigen heutigen Bewertung, die das Holzpflaster an sich, und innerhalb seiner das Weich- und Hartholzpflaster im besonderen, in den Weltstädten erfahren hat, immerhin einige Grundsätze für seine Anwendbarkeit ableiten. Während in London, wie in Paris, das Holzpflaster wegen seiner großen Vorzüge gegenüber anderen Befestigungsarten, weitgehendste Verbreitung gefunden hat, scheint die Holzpflasterung in deutschen Städten erst in der Neuzeit wieder in Aufschwung gekommen zu sein.

Allgemein anerkannte Vorzüge des Holzpflasters sind:

1. Seine größere Elastizität und Gleichförmigkeit seiner Abnutzung, zum Vorteil der Pferdehufe und des Fuhrwerksbetriebes, der unter dieser Pflasterart den geringsten Erschütterungen ausgesetzt bleibt: das gilt in höchstem Maße vom Weichholzpflaster.

2. Als eine Folge von lfd. Nr. 1 ist die Geräuschlosigkeit zu betrachten. Das Holzpflaster, und zwar in höchstem Maße das Weichholzpflaster, ist die geräuschloseste aller bekannten Pflasterarten. Dies war der Hauptgrund seiner schnellen Ausdehnung in den verkehrsreichen besseren Stadtteilen von London und Paris. Die Geräuschlosigkeit wohnt dem Hartholzpflaster in geringerem Maße inne, so daß dasselbe hinsichtlich der Schalldämpfung in der Mitte zwischen Asphalt und Weichholz steht.

3. Die Verkehrssicherheit der Holzpflasterungen ist der anderer Pflasterarten überlegen. Die Oberfläche des Weichholzpflasters wird unter der Wirkung des Verkehrs nicht glatt, sondern behält eine gewisse Rauhigkeit und Stumpfheit, es ist bei trockenem Wetter weniger schlüpfrig als viele Steindecken (Basalt), vermindert, indem es den Pferdehufen den nötigen Reibungswiderstand bietet, deren Ausgleiten. Fuhrwerke können sich, selbst beim Fehlen von Hufeisenstollen, in schnellster Gangart mit Sicherheit bewegen.

Das Hartholz steht auch nach dieser Richtung hin in der Mitte zwischen Weichholz und Asphalt. Die durch die rauhere Oberfläche verursachte größere Verkehrssicherheit des Holzpflasters ermöglicht dessen Anwendung in Steigungen, in denen Asphaltpflaster ausgeschlossen ist. Während letzteres nur in Steigungen bis 1:60, Hartholz in solchen bis 1:40 verwendbar ist, kann Weichholz noch auf Rampen bis 1:30 verlegt werden. Daher wird das elastische und leichte Weichholzpflaster, außer als Fahrbahnbelag der Brücken, auch auf den anschließenden Brückenrampen verwendet, die in breiten Straßenzügen dann selbst mit Neigungen bis zu 1:30 angelegt werden dürfen (s. H. Brückenbau, S. 482).

Infolge der Abwesenheit von Stößen ist die Verkehrsabwicklung beim Weichholzpflaster die günstigste.

4. Diesen Vorzügen, welche in höchstem Maße dem Weichholzpflaster zukommen, stehen als natürliche Vorteile des Hartholzpflasters dessen geringere Abnutzung und größere Haltbarkeit gegenüber. Als gesundheitlichen Vorzug hat man dem letzteren eine geringere Aufsaugungsfähigkeit an Fremdstoffen zugeschrieben; dieser Vorteil

dürfte indes der kreosotierten, oder vollends der unter Hochdruck getränkten, Kiefernholzdecke gegenüber nicht aufrecht zu erhalten sein.

5. Die wirtschaftliche Seite der Frage ist im großen und ganzen so aufzufassen, daß die höheren Anlagekosten der Hartholzdecke zum Teil durch deren höhere Liegedauer, zum Teil durch die höheren Unterhaltungskosten der getränkten Weichholzpflasterung ausgeglichen werden.

Das Holzpflaster hat nach alledem vor anderen Pflasterarten große Vorteile voraus, die es in gewissen Fällen für großstädtische Straßenpflasterzwecke unentbehrlich gemacht haben.

Im allgemeinen gilt daher in London und Paris, Sidney und Melbourne das Holzpflaster als das beste städtische Straßenpflaster. Über den Wert von Hartholz und Weichholz stehen sich die Anschauungen geteilt gegenüber. In Paris, in dem die einheitliche Verwaltung größere einheitliche Versuche ermöglichte, hat die Praxis die Frage zugunsten des Weichholzpflasters entschieden. Wenn im Gegensatz zu den Pariser Erfahrungen in London die Anschauungen über das Hartholzpflaster noch geteilt sind, so schließt Vespermann mit Recht daraus, daß „bei dem verschiedenartigen Verkehr die Nachteile desselben in London noch nicht mit der offenbaren Klarheit wie dort zutage getreten seien". In Deutschland sind die Ansichten, ob dem Hartholz der Vorrang vor dem Weichholz gebühre, ebenfalls noch geteilt: während einige Großstädte dem ersteren den Vorzug geben, halten andere das Weichholz für vorteilhafter und technisch günstiger. In der Gegenwart erfreut sich das Weichholzpflaster einer langsamen, aber stetigen Zunahme, bei welcher die vervollkommneten deutschen Teeröl-Tränkungsverfahren, mit denen Hauptteil II bekannt machte, nicht ohne Mitwirkung waren.

Der Entscheid über Weich- oder Hartholz ist natürlich von Fall zu Fall zu treffen, je nachdem auf die Erreichung des einen oder anderen Vorzuges der größere Wert gelegt wird. Im allgemeinen werden neben der Kostenfrage die Steigungsverhältnisse, die Stärke des Verkehrs, die Breite der Straßen und der Charakter des Wohnviertels, sowie die Anwesenheit von Straßenbahngleisen für die Wahl der Holzart ausschlaggebend bleiben.

H. Der Brückenbau.

Von

Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspektor a. D. **Ernst Biedermann**-Berlin-Charlottenburg.

I. Vorbemerkungen.

Die die Völker verbindenden Verkehrswege haben von jeher für Handel und Verkehr, und damit für den Kulturfortschritt, eine entscheidende Rolle gespielt. Die Verkehrsumwälzungen, welche die Eisenbahnen im 19. Jahrhundert hervorriefen, verschoben auch die Stellung der Landwege innerhalb der Verkehrsmittel. Waren dieselben einst neben den Wasserwegen die einzigen Verkehrsvermittler auf weite

Strecken, so wurden sie aus dieser Vormachtstellung durch die Eisenbahn in eine Rolle mehr örtlicher Bedeutung gedrängt; aber es wurden den Landwegen und Straßen aller Grade damit auch neue Funktionen zugewiesen, die ihre Gesamtbedeutung gegen früher nicht vermindert haben: sie sind die Zubringer und Verteiler des Verkehrs geworden, indem sie sowohl im Güter- wie im Personenverkehr, je nach ihrem Charakter, sich mit den Spurbahnnetzen niederer Ordnung, den Neben- und Kleinbahnen und bzw. dem kleinsten Gliede der Spurbahnfamilie, den landwirtschaftlichen und industriellen Förderbahnen, in deren Aufgaben teilten. Während früher der Wegebau den örtlichen Hindernissen, welche sich ihm, besonders im Gebirgs- und Alpengelände, in den Weg stellten, durch die Linienführung auszuweichen bestrebt waren, führt die heutige Ingenieurtechnik die Wegeanlagen ihren Verkehrszielen auf verhältnismäßig kürzestem Wege im horizontalen wie im senkrechten Höhensinne zu. Die Eisenbahnlinie schreckt vor meilenweiten Durchbrechungen alpiner Gebirgsmassive ebensowenig zurück, wie vor der Überspannung der größten Talschluchten unserer Hochgebirge oder der Riesenarme der mächtigsten Ströme des Tieflandes, seitdem in den vervollkommnetsten Stahlsorten der Gegenwart sich geeignete Baustoffe für Brückenträger größter Spannweiten im Zuge der Eisenbahnen wie der Landstraßen darbieten [1]).

Während so durch die Fortschritte der Technik die alte ehrwürdige Landstraße der Eisenbahn den Platz räumte, mußten die für den Bau von Brücken fast allein in Frage kommenden Baustoffe, Steine und Holz, besonders das letztere, dem Eisen weichen, obgleich beide auf eine Reihe stattlicher Bauwerke in den Kulturländern zurückzublicken vermögen [2]).

II. Das Holz als Baustoff, in Abhängigkeit von Zweck, Bauart und Weite der Brücken.

Man unterscheidet je nach der Art des über ein Verkehrshindernis fortzuführenden Verkehrsweges: Straßenbrücken, Eisenbahn-

[1]) Man denke hier nur an die 2528 m lange Eisenbahnbrücke über den Firth of Forth, deren eiserne Mittelpfeiler 106,7 m hoch sind, während jede der beiden Hauptöffnungen 521 m überspannt (Herstellungskosten 60¼ Millionen Mark). Ein deutsches Beispiel einer neueren eisernen Eisenbahn-Bogenbrücke ist die 1897 erbaute Müngstener Talbrücke zwischen Remscheid und Solingen, deren 170 m weiter Mittelbogen sie zur zweitgrößten Brückenöffnung des europäischen Festlandes macht. Die 1902 vollendete Talbrücke über den Viaur in Frankreich übertrifft mit der Mittelöffnung von 220 m Spannweite dieses deutsche Bauwerk, obgleich es ihm an Länge nachsteht.

[2]) Wir erinnern hinsichtlich des ersteren an die hohen sächsischen Steinviadukte früherer Jahre, an die 80 m hohe, 418 m lange Muldentalbrücke der Leipzig-Chemnitzer Bahn (67 m Öffnungsweite), den Elstertalviadukt bei Jocketa (68 m Weite) und den berühmten vierstöckigen Göltzschtalviadukt von 513 m Länge.

Amerika ist demgegenüber besonders reich an hölzernen Brückenbauten, die in Nachahmung einfacher Holzgerüste als „trestleworks" bei seinen gewaltigen Überlandbahnstrecken eine große Rolle spielten. So hat die 304 m lange Hauptlinie Portland – St. Paul der Northern Pacific solche in einer Gesamtlänge von 80 km und bis 40 m Höhe. Am Osthange zählt man auf einer 32 km langen Strecke 45 solcher hölzerner, vielfach in den Gleisbahnen errichteter Brückenwerke (Troske, Allgemeine Eisenbahnkunde, I. Teil, Leipzig 1907).

brücken, Kanalbrücken (zur Überführung von Schiffahrtskanälen) und Aquäduktbrücken (zur Überführung von Wasserleitungen).

Die Hindernisse, welche sich dem zu bauenden Verkehrswege in den Weg stellen, sind entweder selbst Verkehrswege (Eisenbahn-, Land- oder Wasserstraßen) oder Geländeverhältnisse, wie Schluchten und Wasserläufe. Da die Bauart der Brücken, insonderheit deren Pfeileranordnungen und die Stützweite der Einzelöffnungen, durch die Geländeverhältnisse oft entscheidender beeinflußt wird als durch die Art der zu überführenden Verkehrsgattung, so unterscheidet der Brückenbau andererseits zwischen Strombrücken, die das Hauptwasser eines größeren Flusses überspannen, nebst Flut- und Vorflutbrücken zum Durchlassen der Hochwasserstände, und Talbrücken oder Viadukte zur Übersetzung von Tälern, Schluchten, langgestreckten Mulden des Geländes an Stelle einer Dammschüttung.

Bei jeder dieser Brücken ist der vom Gelände aus aufsteigende Unterbau (Pfeiler, Widerlager) zu unterscheiden vom Brücken**überbau oder dem eigentlichen Tragwerk.**

Als Material für die Tragwerke kommen praktisch in Frage: Stein, **Holz, Eisen, Beton oder Eisenbeton.**

Bei der Wahl des Materials sind entscheidend Rücksichten auf die Herstellungs- und Unterhaltungskosten, auf Dauerhaftigkeit, Schnelligkeit der Herstellung und vor allem die Überbrückungsweite.

Die Herstellungskosten sind bei hölzernen Brücken, wie Tab. 1 zeigen wird, durchweg geringer als bei eisernen, bei den letzteren gemeiniglich geringer als bei Steinbrücken, während Beton und Eisenbeton sich zwischen die beiden letzteren Baustoffe eingliedern. In dieser Reihenfolge kann natürlich die Wahl des Baustoffes durch örtliche Rücksichten, wie leichtere Beschaffung des einen oder des anderen Baustoffes, durchbrochen werden, die neben bestimmten Lageverhältnissen zur Anwendung anderer als der relativ billigsten Bauweise nötigen; unter ihnen spielt z. B. die durch die Breite des zu überbrückenden Hindernisses (Strom, Schlucht) erforderte Spannungsweite eine zwingende Rolle für die Wahl des Eisens, da dieses in der erreichbaren Spannweite von keinem der übrigen Baustoffe erreicht wird.

Bevor das Eisen infolge seiner überlegenen Festigkeitseigenschaften und seiner Bildsamkeit als Hauptbaustoff für Brücken in Frage kam, war gleichwie in anderen Ländern, auch in Deutschland neben dem natürlichen Stein das gewachsene Holz der verbreitetste Baustoff für Straßen- und Eisenbahnbrücken. Durch die „technischen Vereinbarungen" (T. V.) des „Vereins deutscher Eisenbahn-Verwaltungen" vom Jahre 1850 aber wurde deren Verwendung zu Eisenbahnbrücken in Deutschland auf das empfindlichste zugunsten des Eisens, außer dessen alleiniger Geeignetheit für größere Spannweiten, eingeschränkt.

Nach diesen Vereinbarungen wurden für Brücken in deutschen **Hauptbahnen folgende Leitsätze aufgestellt:**

„Für Brücken ist eine sorgfältige Wölbung von guten natürlichen oder künstlichen Steinen oder Beton jeder anderen Bauart vorzuziehen, wenn nicht besondere Gründe eiserne Brücken vorteilhafter erscheinen

lassen. Hölzerne Brücken sollen nur ausnahmsweise ausgeführt werden; sie sind für Nebenbahnen zulässig, und ebenso wie das Holzwerk der Fahrbahntafel eiserner Brücken gegen Feuersgefahr entsprechend zu schützen." Im Anschluß an diese Vorschriften sind in den meisten europäischen Staaten behördliche Vorschriften, die sich auf Entwurf, Ausführung und Sicherheitsforderungen der Brücken beziehen, mit allgemeinen Bestimmungen für Eisenbahn- und Straßenbrücken und mit besonderen Bestimmungen für eiserne Brücken, und neuerdings in einigen Ländern auch für Brücken aus Eisenbeton, erlassen.

Diese Brückenordnungen enthalten Angaben über die der statischen Berechnung zugrunde zu legenden Belastungen, die zulässige Inan-

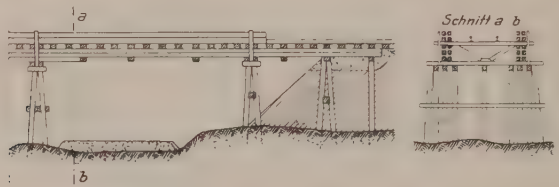


Abb. 204. Einstweilige hölzerne Brücke.

spruchnahme, die Eigenschaften und die Erprobung der gewählten Baustoffe (Zerreiß-, Biege-, Druck-, Bruchproben). Diese Beschränkung der Holzverwendung im deutschen Eisenbahnbau schließt natürlich nicht aus, daß in anderen holzreichen Ländern, so in der nordamerikanischen Union, in Südamerika, Rußland, Norwegen, Schweden und Österreich das Holz noch heute zu Eisenbahn- und Straßenbrücken mittlerer Weiten ausgedehnteste Verwendung findet.

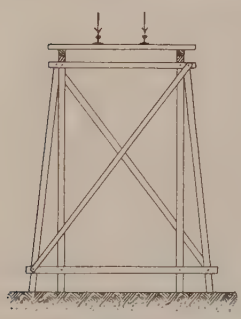


Abb. 205. Hölzerne Jochbrücke.

Man kann nach der natürlichen Beschränkung, welche dem Holz im Brückenbau durch das Eisen bereitet ist, als dessen Verwendungsgebiet ansehen:

I. Tragwerke und Pfeilerjoche ganzer Brücken, bei:
   I. Straßenbrücken kleinerer und mittlerer Spannweite, besonders in holzreichen Gegenden.
   II. Eisenbahnbrücken in Neben- oder Kleinbahnen, wo es darauf ankommt, bei geringeren Anlagekosten überhaupt die Rentabilität einer Linie sicherzustellen.

III. Eisenbahnbrücken für provisorische Zeitdauer: Not- und Kriegsbrücken zur Wiederfahrbarmachung zerstörter Eisenbahnteile, provisorische Holzbrücken zur schnelleren Inbetriebnahme einer

neuen Eisenbahn, mit der Absicht ihres späteren Ersatzes durch ein definitives Eisen- oder Steinbauwerk: Arbeits- und Materialtransportbrücken, Lehr- und Versetzgerüste (Abb. 204 und 205).

2. Fahrbahnträger und Fahrbahnen eiserner und hölzerner Brücken, bei:
   I. Eisenbahnbrücken.
   II. Straßenbrücken.

1. Tragwerke und Pfeilerjoche.

Aus statischen Gründen scheiden die Eisenbahn- und auch die Straßenbrücken größerer Einzelspannweiten aus, weil das Eisen für die höhere Beanspruchung durch Eigengewicht und Verkehrslast der geeignetere Brückenbaustoff ist; in den Kulturländern entwickelter Eisenindustrie wird auch die Eisenbrücke mittlerer Spannweite bei bequemer Bezugsmöglichkeit dem Holz den Rang streitig machen, wofern es sich nicht um besonders holzreiche Verwendungsgebiete handelt. Bei Straßenbrücken mittlerer und kleiner Spannweiten dagegen, besonders bei Brücken im Zuge von Landstraßen, von Ortsverbindungs-, Wirtschafts- und Feldwegen, sowie als offene Durchlässe und Unterführungsbauwerke hat das hölzerne Bauwerk, aus Gründen größerer Billigkeit und Einfachheit der Herstellung, den Wettbewerb mit Stein und Eisen keineswegs zu scheuen, seit in der Teerölträukung das Mittel zu einer angemessenen Verlängerung seiner Lebensdauer gegeben ist.

Die Einschnitte von Berg- und Gebirgsbahnen pflegen häufig in ihrer eigenen Trasse die Gesteinsbaustoffe für den pfeilerartigen Unterbau und in ihrer Bewaldung das Holz als Grundstoff des Überbaues der Brücke darzubieten, während eiserne Brücken und Viadukte Anfertigung, Transport und Aufstellung von weit entfernten Walzwerken und Brückenbauanstalten her voraussetzen. Die natürlichen Nachteile des Holzes gegenüber dem Eisen sind dessen geringere Tragfähigkeit und die kürzere Betriebsdauer, welche man für Nadelholz auf 20 bis 25 Jahre, für Eiche auf 30 bis 50 Jahre anzunehmen pflegt. Hier bietet nun neben der Auswahl gesunden und fehlerfreien Holzes die moderne Teerölträukung der Brückenhölzer ein lebensverlängerndes Mittel, welches die Wirtschaftlichkeit der Holzbrücken innerhalb gewisser Grenzen ihrer Spannweiten gegenüber dem Eisen in vielen Fällen weiter erhöht.

Die Beleuchtung dieser, in der Gegenwart noch nicht genügend gewürdigten Umstände, soll den Gegenstand der nachfolgenden Ausführungen bilden.

Im Gebiete des hölzernen Brückenbaues haben sich im Laufe der Jahre vortreffliche, statisch ebenso sicher begründete Konstruktionssysteme wie im Eisenbau herausgebildet. Solche Holzbrückentypen erweisen sich nach Tab. 1 der eisernen Brücke gleicher Weite, innerhalb der Spanngrenzen bis zu 50 m des Einzelüberbaues, in unbehandeltem Zustande der geringeren Herstellungskosten wegen bereits als beträchtlich überlegen. Vor allem sind es die Konstruktionssysteme der

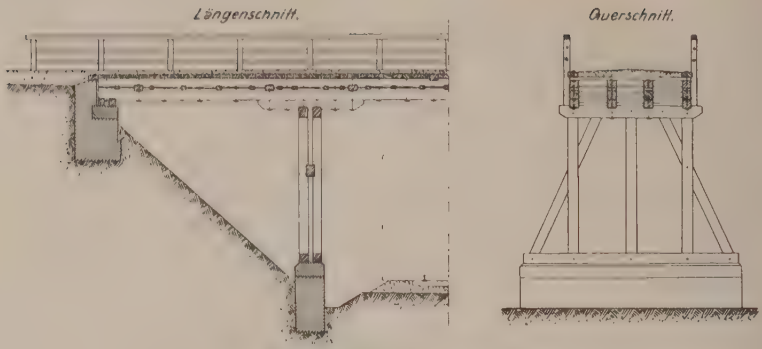


Abb. 206. Verdübelte Balkenbrücke.

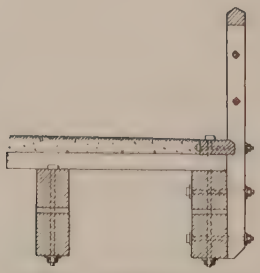


Abb. 207. Verdübelte Doppelbalken.

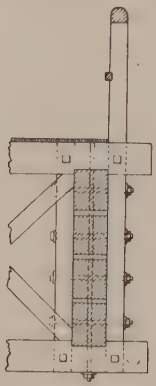


Abb. 208. Träger aus 4 Balken.

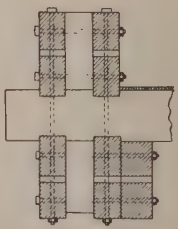


Abb. 209. Zwillingsträger aus je 4 Balken.

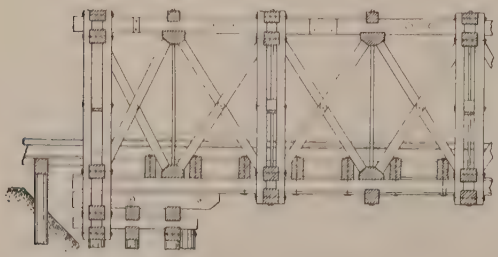
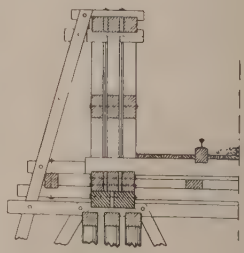


Abb. 210. Howescher Fachwerksträger. Ansicht.



Querschnitt.

verstärkten Balkenträger nach Abb. 206 aus verzahnten, verdübelten oder Klötzelträgern, welche aus 2, 3, 4 übereinander liegenden Einzelbalken zusammengesetzt sind (s. Abb. 207, 208, 209), während unter den gegliederten Balkenträgern der Howesche Fachwerksträger (Abb. 210) außerordentliche Verbreitung und in neueren Systemen von Pintowsky, Ibjanski und Rychter[1]) weitere Ausbildung erhalten haben.

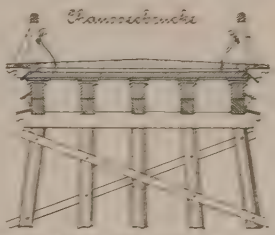


Abb. 211. Obengerade Fahrbahn.

Bei diesen massiven oder gegliederten Balkenträgern verdient die Anordnung der Fahrbahn oberhalb der Tragkonstruktion nach Abb. 211 den Vorzug vor der Aufhängung unter derselben, weil die letztere durch die Brückenbahn vor Nässe geschützt, und dadurch eine höhere Dauer des Bauwerks selbst verbürgt wird.

Unter den gestützten Balkenbrücken verdienen nach Heinzerling die Sprengwerkbrücken nach Abb. 212—214 mittlerer Spannweiten da, wo gemauerte Widerlager verhältnismäßig billig herzustellen sind, weiteste Beachtung.

Die früher in der Schweiz und in Bayern häufig angewendeten Hängewerksbrücken werden mit gutem Erfolge heute als Hängewerke

Abb. 212. Einfache Sprengwerkbrücke mit Mittelpfeiler.

mit geraden und gekrümmten Balken und Böden hergestellt, wobei die steifen Hängewerke aus geraden Balken als die besten Konstruktionen erscheinen. Es eignen sich nach alledem zu hölzernen Brückenträgern vorzugsweise für geringere Spannweiten die Systeme einfacher und verstärkter Balken, für größere Weiten Systeme der Fachwerkbrücken.

[1]) Siehe hölzerne Brücken im „Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften“ II. Teil, 2. Bd.; Leipzig, Engelmann 1904.

und für mittlere Weiten (bei größeren Konstruktionshöhen) das System der steifen Sprengwerke aus geraden Hölzern [1]).

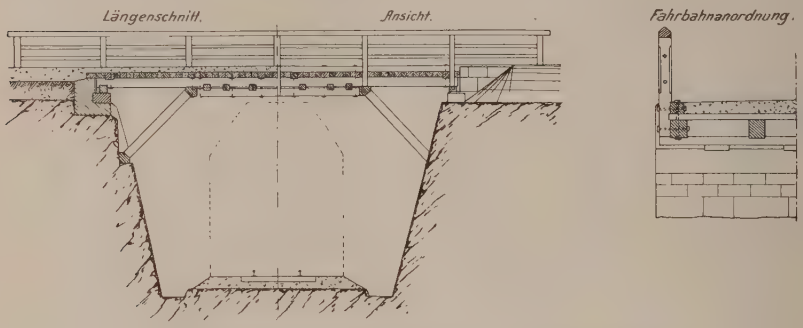


Abb. 213. Sprengwerkbrücke über einem eingleisigen Einschnitt.

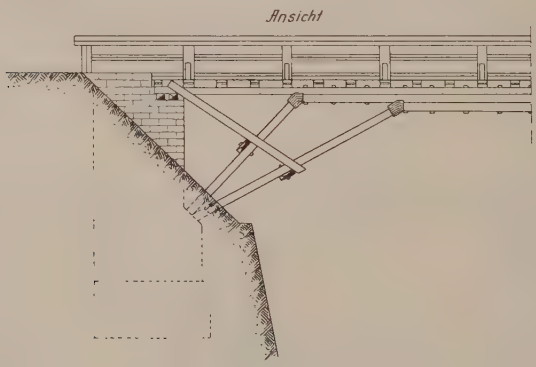


Abb. 214. Doppeltes Sprengwerk.

[1]) Dabei sind die konstruktiven Grundsätze hinsichtlich der Festigkeit, Dauer und Billigkeit solcher Holzkonstruktionen für Eisenbahn- und Straßenbrücken von größter Bedeutung für die Dauer und Haltbarkeit des Bauwerkes:

1. es ist ein einfaches Konstruktionssystem so durchzuführen, daß unter den ungünstigsten Belastungsverhältnissen die zulässige Beanspruchung des verwendeten Holzes nicht überschritten wird.

2. Etwa infolge von Fäulnis notwendig werdende Auswechslungen einzelner Konstruktionsteile sollen billig und ohne Störung des Verkehrs möglich sein.

3. Joche und hölzerne Fachwerkspfeiler sollen nur lotrecht angeordnet werden.

4. Die Verbindung der Konstruktionsteile soll einfach (unter Vermeidung verwickelter Verschneidungen) durch sparsame Anwendung von Schraubbolzen bewirkt werden.

5. Jeder Konstruktionsteil ist so anzuordnen, daß er der Luft und dem Lichte möglichst ausgesetzt sei, dabei eine Ableitung des Wassers auf kürzestem Wege ermöglicht.

Tabelle I.

Kostenvergleich hölzerner und eiserner Eisenbahnbrücken.

Quelle: Handbuch d. Ingenieur-Wissenschaften II. Teil, 2. Band; Leipzig 1904. Hölzerne Brücken von Dr. Heinzerling. S. 98.

Anmerkung: Die Tonne Eisen ist hierbei mit 620 Mk. zugrunde gelegt; ändert sich dieser Preis, so ändern sich die Eisenwerkkosten. Den Holzkonstruktionen liegt der mittlere Preis bei den österreichischen Bahnen zugrunde.

Spannweite m	Eiserne Brücken: Eisenwerk Mk.	Eiserne Brücken: Mauerwerk Mk.	Eiserne Brücken: Zusammen Mk.	Hölzerne Brücken: Träger Mk.	Hölzerne Brücken: Joche Mk.	Hölzerne Brücken: Zusammen Mk.	Kostenunterschied Mk.	Anordnung der Konstruktion
25	23 000	19 600	42 600	—	—	—	—	Bahn unten
				16 800	3 200	20 000	22 600	3,48 m hohe Fachwerkträger
				14 400	4 000	18 400	24 200	2,34 „ „ „ „
				6 400	2 600	9 000	33 600	verdübelte Balkenträger
25, 30, 25	65 600	59 600	125 000	—	—	—	—	Bahn oben
				44 000	10 000	54 000	71 200	3,48 m hohe Fachwerkträger
				41 000	11 000	52 000	73 200	2,34 „ „ „ „
				26 000	10 000	36 000	89 200	verdübelte Balkenträger
30, 30	60 800	39 400	100 200	—	—	—	—	Bahn unten
				39 000	11 000	50 000	50 200	3,48 m hohe Fachwerkträger
				20 000	8 000	28 000	72 200	verdübelte Balkenträger
30	27 600	34 000	61 600	—	—	—	—	Bahn oben
				36 400	7 000	43 400	18 200	6,04 m hohe Fachwerkträger
				15 000	5 000	20 000	41 600	verdübelte Balkenträger
40, 48, 40	141 800	94 800	236 600	—	—	—	—	Bahn oben
				62 800	25 200	88 000	148 600	3,48 m hohe Fachwerkträger
				38 000	32 000	70 000	166 600	verdübelte Balkenträger
59	77 200	62 200	139 400	—	—	—	—	Bahn unten
				28 800	16 000	64 800	74 600	6,04 m hohe Fachwerkträger
50	68 000	91 000	159 000	—	—	—	—	Bahn oben
				46 800	17 000	63 800	95 200	6,40 m hohe Fachwerkträger
50, 60, 50	231 600	157 400	389 000	—	—	—	—	Bahn unten
				116 000	34 000	150 000	239 000	6,40 m hohe Fachwerkträger
				70 000	26 000	106 000	283 000	3,48 „ „ „ „

Tabelle II.

Größte Spannweiten für einstweilige und endgültige hölzerne Balkenbrücken nach den Normalien der k. k. Südbahn-Gesellschaft zu Wien, 1867.

Trägerhöhe in m	Zahl der nebeneinander angeordneten Tragbalken	Größte Spannweiten für Belastung durch leichte Lokomotiven Gesamt-Gewicht 30 t Größte Achsbelastg. 10,8 t		schwere Lokomotiven Gesamt-Gewicht 67,8 t Größte Achsbelastg. 12,1 t		Anmerkungen zur Querschnittsgestaltung	
		einstweilige Brücken m	endgültige Brücken m	einstweilige Brücken m	endgültige Brücken m		
0,67	2	7,1	5,8	4,9	3,9	Verdübelte Balkenträger	Verdübelter Träger aus 2 Einzelbalken s. Abb. 206 und 207.
	3	9,5	7,6	6,4	4,8		
	4	11,5	9,3	7,7	5,9		
1,02	2	13,2	10,0	8,2	6,4		Verdübelter Träger aus 3 Einzelbalken
	3	15,7	12,4	10,5	8,0		
	4	17,9	16,1	12,2	10,8		
1.72	2	21,9	17,2	15,4	11,5		Verdübelter Träger aus 4 Einzelbalken s. Abb 208.
	3	26,2	21,0	18,7	14,2		
	4	29,4	23,6	21,8	17,0		
0,92	2	11,2	8,6	7,0	5,4		2 einfache Balken übereinander mit Zwischenraum.
	4	16,5	13,1	10,8	8,4		
1,62	2	21,0	16,2	13,5	10,8		2 verdübelte Balken übereinander mit Zwischenraum, s. Abb. 209.
	4	27,7	22,5	20,4	16,1		
2,34	2	38,6	31,5	29,8	23,9	Fachwerkträger System Howe	Howesche Träger, s. Abb. 210.
3,48	2	48,7	39,0	38,1	30,7		
6,04	2	65,9	54,6	53,8	43,6		

Nach alledem sind anzuwenden:

Bei endgültigen Straßenbrücken einfache Balkenträger für Weiten von 1 bis 5, verstärkte für Weiten von 5 bis 20 m, nach Abb. 206, und Fachwerkträger nach Abb. 210 für Weiten von 20 bis 50 m.

Bei endgültigen Eisenbahnbrücken geringer Konstruktionshöhe für Weiten von 1 bis 4 m bzw. von 4 bis 16 m verstärkte, d. h. verzahnte, verdübelte, beschlagene Balkenträger auf hölzernen Jochen oder Fachwerkpfeilern nach Abb. 204 oder 211.

Da hölzerne Unterstützungen jeder Art der Fäulnis ausgesetzt sind, so erhalten diese Brücken am besten steinerne End- und Zwischenpfeiler oder wenigstens steinerne Endpfeiler bei hölzernen Zwischenstützen auf hohen steinernen Sockeln.

Die einstweiligen Eisenbahn- und Straßenbrücken (auch Kriegsbrücken) unterscheiden sich von den endgültigen durch Anwendung unbeschlagener (Rund-) Hölzer zu Trägern und Jochen, sowie durch Anwendung einfachster, wenig Arbeit erfordernder Verbindungen. Daher hier der einfache oder verstärkte Balken, bei geringen Spannweiten auf Pfahljochen, am Platz erscheint.

2. Fahrbahnträger und Fahrbahnen.

Unter dem Gesichtspunkt einer Würdigung der lebensverlängernden Imprägnierung der Holzteile erfordert innerhalb der Konstruktionsglieder des Überbaues die Verkehrsbahn eiserner und aller hölzerner Brücken eine eingehendere Besprechung, weil die Fahrbahn den atmosphärischen wie den mechanischen Angriffen der Verkehrslasten in erster Linie ausgesetzt ist und bei ihr die Unterhaltungs- und Erneuerungskosten in vielen Fällen den Löwenanteil am Gesamtunterhaltungsaufwand der Brücke bilden. Hier hat denn auch die Verwendung konservierter Hölzer in der Praxis weitaus größeren Umfang angenommen als bei den Tragkonstruktionshölzern.

a) Eisenbahnbrücken.

Während bei den steinernen gewölbten Brücken der Oberbau ganz wie in der übrigen Bahnstrecke durchgeführt wird, erhalten eiserne

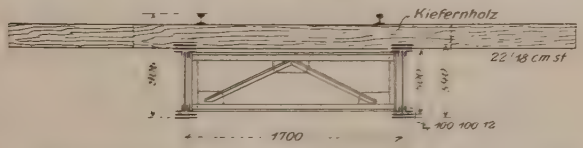


Abb. 215. Eisenbahnbrücke von 7 m Stützweite, die Holzschwellen auf den Hauptträgern kragen abwechselnd für die Geländerbefestigung aus.

Brücken seltener, hölzerne fast nie eine durchgehende Schotterbettung. Der Oberbau wird hier vielmehr bei kleineren Weiten direkt auf die

Hauptträger, bei größeren Spannweiten auf die zwischen die beiden Hauptträger gespannten Fahrbahnträger (Quer- und Schwellenträger) gelagert (Abb. 215 bis 218). Am häufigsten ist hier auch bei eisernen

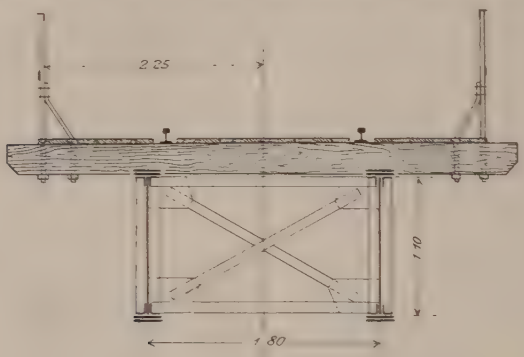


Abb. 216. Eisenbahnbrücke von 11 m Stützweite. Hölzerne Querschwellen auf den Hauptträgern.

Brücken der Holzquerschwellenoberbau in Anwendung, weil sie den eisernen Querschwellen gegenüber ein geräuschloseres elastischeres Befahren ermöglichen und dabei gegen Feuersgefahr ausreichend geschützt werden können, auch die Befestigung der ersteren außergewöhnliche Schwierigkeiten verursachen würde. Diese hölzernen Brückenschwellen erhalten in der Regel größere Länge und Stärke als die gewöhnlichen Bahnschwellen der freien Strecke; ihre Breite ist nicht unter 22 cm, ihre Höhe, je nach der Entfernung der Längsträger, 20 bis 24 cm zu nehmen. Die Schwellenentfernung auf der Brücke ist nicht weiter als 60 cm zu wählen, um neben der stoßfreien Übertragung der Zuglasten auf die Eisenkonstruktion bei etwaigen Entgleisungen den Rädern noch genügende Unterstützung zu bieten: das wirksamste, wenn auch kostspielige Mittel ist dichtes Aneinanderlegen der Schwellen. Diese Querschwellen werden gewöhnlich mit

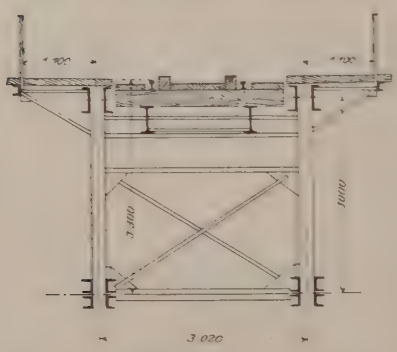


Abb. 217. Eisenbahnbrücke von 29 m Stützweite; Querschwellen auf Zwischenträgern; Fußgängerstege auf Konsolen der Hauptträger.

einer aus 5 cm starken und 16 bis 25 cm breiten Bohlen gebildeten Tafel abgedeckt (Abb. 216 und 217), die oft noch durch Riffelblechabdeckung (eventuell auch durch eine Kiesschicht) feuer- und schallsicher gemacht wird. Dieser offenen Fahrbahntafel steht die teurere geschlossene Fahrbahntafel aus Wellblech, Buckelplatten, Hänge- oder Tonnenblechen gegenüber, auf der das Kiesbett sich durchlaufend anordnen läßt. Gegen Zugentgleisungen werden gewöhnlich Schutzvorrichtungen in Gestalt von Leitbalken (Abb. 217, 218) oder auch Zwangsschienen angeordnet.

Die Fußwege der Eisenbahnbrücken dienen meistens nur den Zwecken der Eisenbahnverwaltung, seltener dem öffentlichen Verkehr. Um die

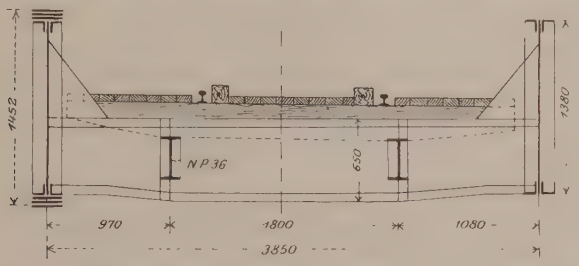


Abb. 218. Eisenbahnbrücke von 16 m Stützweite, Schwellen auf eisernen Zwischenträgern.

Brückenbreite nicht übermäßig zu vergrößern, legt man sie zweckmäßig außerhalb der Hauptträger auf Auskragungen, bei obenliegender Fahrbahn auch unmittelbar auf die Verlängerung der Brückenschwellen.

b) Straßenbrücken.

Während die Anordnung des Gerippes der Fahrbahntafel der Eisenbahn- wie der Straßenbrücken bei der Ausführung in Eisen nicht wesentliche Unterschiede [1]) zeigen, treten bei der hölzernen Fahrbahndecke der Straßenbrücke mit ihren Entwässerungsanlagen Anordnungen auf, die dem einfachen Schotterbett und den einfachen Brückenquerschwellen zur Unterstützung des Eisenbahngestänges fremd sind.

Die hölzerne Fahrbahndecke kann aus einfachem oder doppeltem Bohlenbelag sowie aus Holzpflaster bestehen.

Der einfache Bohlenbelag, nach Abb. 208 und 209.

Seine Befestigung erfolgt mit Bolzen auf dem Eisen oder mit Schrauben auf dem Holz der Längs- oder Querträger des Fahrbahngerippes. Die 8 bis 16 cm starken Bohlen (einschließlich 2 bis 3 cm für Abnutzung) werden meist dicht an dicht und quer zur Fahrrichtung

[1]) Hier wie dort die mit dem Gerippe der Fahrbahntafel (Quer- und sekundäre Längsträger) vernietete Tragdecke aus Buckel-, Hänge-, Wölb- oder Flachblechen zur Aufnahme des Fahrbahnbettes.

mit einem Quergefäll von $^1/_{30}$ bis $^1/_{40}$ verlegt, um die Holzkanten zu schonen (s. Abb. 219).

Doppelter Bohlenbelag. Die oberen, 4 bis 6 cm starken, oft eichenen Deckbohlen dienen nur zur Abnutzung, während die Stärke der unteren (12 bis 18 cm) Tragbohlendecke sich nach den Verkehrslasten, den Entfernungen der Träger und nach der zulässigen Spannung der verwendeten Holzart berechnet; die Tragbohlen sind, um Luft und Wasser durchzulassen, mit 1 bis 2 cm Abstand zu verlegen.

Das Holzpflaster eignet sich vorzüglich für eiserne wie für hölzerne Straßenbrücken, weil es leicht, schalldämpfend, leicht zu bearbeiten nnd leicht anzubringen ist. Es ist in vielen Fällen für die an die Brücken

Abb. 219. Befestigung des einfachen Bohlenbelages auf Längsbalken.

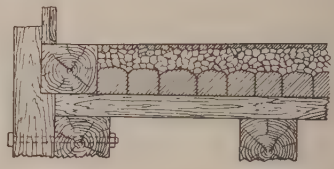


Abb. 220. Anbringung eines Schotterbettes mit Packlage auf einer hölzernen Brücke.

anschließenden Brückenrampen das einzige Pflaster, welches bei stärkstem Gefäll noch den nötigen Reibungswiderstand für Fahrzeuge und Zugtiere (u. S. 468) darbietet. Soll die in Abschnitt G, IV. dieses Teiles auf S. 457 u. f. besprochene Betonschichte die Lagerung der Kernholzklötze bilden, so ist bei eisernen Brücken eine der vorbesprochenen eisernen Blechtafeln aus Buckel- oder Hängeblechen zu verwenden, während bei der Holzbrücke der vorbeschriebene Tragbohlenbelag den Beton- oder den Schotterkörper des Straßendammes trägt. Das führte zu den auf Abb. 206, 207 und 213 dargestellten Anordnungen, die in Abb. 220 durch ein größeres Detail ergänzt sind.

III. Holzarten und deren Behandlung.

Unter den für den Holzbrückenbau in Betracht kommenden Nadelhölzern, welche bei geradem Wuchs lange und starke, feste und dauerhafte Hölzer liefern, sind die Kiefern, Lärchen, Tannen und Fichten die vorteilhaftesten, während unter den Laubhölzern das Eichenholz zu Trägern, Stützen und Grundbauten, Erlenholz zu Grundbauten, das Buchenholz zu Brückenbahnbelägen am geeignetsten ist.

Kiefern- und Fichtenholz sind die härtesten und schwersten einheimischen Nadelhölzer; sie haben wegen ihres bedeutenden Harzgehaltes selbst im Wasser eine Dauer, welche die des Tannenholzes weit übersteigt und sich der des Eichenholzes nähert. Aus diesem Grunde eignet sich auch Lärchenholz gut zum Grundbau. Die Festigkeit und Dauer dieser Hölzer hängt wesentlich von ihrer Fällzeit (Dezember vor Wieder-

beginn des Saftumlaufes) ab. Das Holz kommt im Brückenbau als unbeschlagenes Rundholz zu Grundpfählen, zu Jochen und Trägern einstweiliger Brücken, als beschlagenes (gesägtes) Kantholz zu Spundpfählen, Holmen und Trägern, als Schnittholz für Bohlen (von 6 bis 15 cm Stärke) und als 3 bis 6 cm starke Kernholzbretter für Brückenbeläge oder Spundbohlen zur Verwendung.

Das Holz muß möglichst trocken (Zutritt des Windes, Bedachung gegen Schlagregen, Verkleidung der Außenwände mit lotrechten Bohlen) und dem Sauerstoff der Luft entzogen werden. Das letztere suchte man durch Öl- und Teeranstriche zu erreichen, die neben periodischer Erneuerung immer noch den Nachteil mit sich brachten, daß der Oberflächenbezug durch Abhaltung der atmosphärischen Luft leider den vorhandenen inneren Feuchtigkeitsgehalt des Holzes an der Verdunstung durch die Poren der Oberfläche hinderte und so dem Fäulnisprozeß von innen her Vorschub leistete. Die wirksamsten Abhilfemaßregeln gegen diesen Fäulnisprozeß bildet eine **Tränkung unter Hochdruck** nach den neueren vervollkommneten antiseptischen Verfahren, welche im „Zweiten Teil" behandelt sind. Unter diesen Tränkverfahren[1]) hat sich auf Grund umfangreicher Erprobungen der Eisenbahnverwaltungen aller Kulturländer die Teeröltränkung, insbesondere den auslaugbaren Lösungen der schweren Metalle gegenüber, im Verhältnis zur erzielten Lebensverlängerung als das wirksamste und wirtschaftlichste Mittel erwiesen.

Durch die Teeröltränkung wird, wie im Kapitel „Oberbau" A. IV, 1 auf S. 349 dargetan, aber auch die bauliche Zug- und Druckfestigkeit der Hölzer, insonderheit an ihren Verbindungsstellen, beträchtlich erhöht. Die folgende Tabelle weist die Werte in Kilogrammen auf, denen unter Zugrundelegung mäßiger Erschütterungen bereits der unbehandelte Holzstab ausgesetzt werden darf und die durch die Tränkung eine beträchtliche Erhöhung erfahren:

Bezeichnung der Holzart	Einstweilige Brücken			Endgültige Brücken		
	Elastizitäts-ziffer E	Zug Z per qcm	Druck d per qcm	Elastizitäts-ziffer E	Zug Z per qcm	Druck d per qcm
Tanne . . .	130 000	190	$^3/_4$ Z	120 000	100	$^3/_4$ Z
Fichte. . . .	130 000	160	$^3/_4$ Z	113 000	80	$^3/_4$ Z
Kiefer. . . .	130 000	210	$^3/_4$ Z	120 000	105	$^3/_4$ Z
Lärche . . .	130 000	230	$^3/_4$ Z	120 000	113	$^3/_4$ Z
Eiche	120 000	160	$^5/_6$ Z	113 000	80	$^5/_6$ Z

[1]) Über einige neuere, noch in der Erprobung befindliche Tränkverfahren, so über die Powellsche Zuckerlösungstränkung ist im Kapitel G. V, S. 464 berichtet. Zur Steigerung der Widerstandsfähigkeit der Brückenhölzer gegen Feuersgefahr, welcher dieselben besonders in den heißen Jahreszeiten im Eisenbahnbetriebe durch Funkenauswurf ausgesetzt sind, hat man in Amerika, England und Deutschland umfangreiche Tränkverfahren mit Salzlösungen (Silikatlösungen) angestellt, bezüglich deren auch auf das Kapitel „Hochbau" F. IV, S. 442 u. f. verwiesen sei. Diese Versuche scheinen die Feuerbeständigkeit hölzerner Eisenbahnbrücken durch entsprechende Tränkungsbehandlung außer Zweifel gerückt zu haben.

Auf Grund der lebensverlängernden Wirkungen der neueren Imprägniertechnik und Imprägniercchemie ist in den Kulturländern die Frage neu belebt, in welchem Umfange sowohl im Straßen- wie im Eisenbrückenbau es wirtschaftlich gerechtfertigt erscheine, durch Imprägnierung der Brückenbauhölzer der Holzbrücke als „endgültigem Bauwerk" bei Spannweiten von 50 bis 60 m, innerhalb deren dieselbe, wie wir sahen, der Eisenbrücke statisch gleichwertig gegenübersteht, ein erweitertes Verwendungsgebiet zu geben.

Die von Fall zu Fall zu entscheidende Frage, ob die unter normalen Umständen in der Herstellung beträchtlich billigere Holzbrücke kleiner und mittlerer Weiten — Tabelle 1 lehrte, daß die Überbaukosten in den meisten Fällen nur die Hälfte derjenigen einer gleich weiten Eisenbrücke erfordern — auch wirtschaftlich vorteilhafter sei, ist die dem Holzbauwerk zuzubilligende Betriebsdauer im engen Zusammenhang mit deren höheren Unterhaltungskosten entscheidend.

IV. Die vergleichende Wirtschaftlichkeit hölzerner Brücken.

Wenn die drei Baustoffe Holz, Stein, Eisen zur Wahl stehen, so ist zunächst zu untersuchen, ob Holz mit den beiden anderen gegebenen Falles technisch in Wettbewerb treten könne. Diese Frage aber beantwortet sich nach dem Vorhergesagten verschieden, je nachdem es sich um Straßen- oder Eisenbahnbrücken handelt. Die Nachteile hölzerner Eisenbahnbrücken, die beschränkte Dauer, die Feuersgefahr und die Folgen einer Einsturzgefahr wiegen um so schwerer, je bedeutender das Bauwerk und je befahrener die Bahn ist, sie treten bei Brücken für Nebenbahnen dagegen in den Hintergrund, noch mehr bei Straßenbrücken, deren Reparatur auch weniger störend ist, als diejenige einer Eisenbahnbrücke. Bei Nebenbahnen ist — abgesehen von den geringeren Herstellungskosten — das hölzerne Bauwerk auch deshalb vorteilhaft, weil es leicht durch ein eisernes oder steinernes ohne Störung des Betriebes ersetzt werden kann.

Die Wahl des Konstruktionssystems und die Wahl des Baustoffes gehen gewöhnlich Hand in Hand; sie entscheiden sich nach den vorstehenden Mitteilungen in vielen Fällen schon durch die gegebenen Verhältnisse, die Rücksicht auf Spannweite und dergleichen. Vor eingehenden Untersuchungen, ob Holz den anderen beiden Baustoffen wettbewerbfähig gegenüberstehe, empfiehlt es sich dagegen, zuerst die wirtschaftliche Seite der Frage zu untersuchen.

Es bezeichne **N** das Neuherstellungskapital, **A** den Altmaterialerlös der nach **n** Jahren zu erneuernden Brücke (nach Abzug der Abbruchskosten), **u** die jährlichen Unterhaltungs- und Wiederherstellungskosten, **f** den Zinsfuß. Dann ist ein Gesamtkapital **G** erforderlich, welches außer dem Herstellungskapital **N** das Grundkapital für den nach n Jahren notwendigen Erneuerungsfonds (N — A) und die kapitalisierten Unterhaltungskosten $\frac{u}{f}$ für den ersten Betriebsprozeß bereit-

stellt. Das heißt es muß ein gesamtes Anlagekapital zur Verfügung stehen der Größe:

$$G = N + \frac{(N - A)}{(1 + f)^n - 1} + \frac{u}{f},$$

welches mit dem gleicherart ermittelten Gesamtkapital der aus anderem Material hergestellten Brücke zu vergleichen ist.

Man kann aber auch die jährliche Rücklage R als Vergleichsmaßstab wählen.

Da $G = \frac{R}{f}$ ist, so ergibt sich als Gleichung für den jährlichen Rücklagebetrag:

$$R = N f + \frac{(N - A) \cdot f}{(1 + f)^n - 1} + u,$$

deren drei Glieder besagen, daß die jährliche Rücklage neben der Verzinsung des Anlagekapitals N und dem jährlichen Unterhaltungsaufwand u am Ende der n jährigen Periode durch Zinseszinsauflauf den Erneuerungsfonds $W = (N - A)$ bereitstellen müsse [1]). Es ist gleichgültig, welcher dieser beiden Wirtschaftlichkeitsformeln man den Vorzug gibt. Die Schwierigkeit des Wirtschaftsvergleichs liegt, wie beim Oberbau, in der Feststellung der Höhe der jährlichen Unterhaltungskosten u für ein eisernes bzw. ein hölzernes Brückenbauwerk und in der, jeder der beiden zuzubilligenden Lebensdauer.

Schon betreffs der Unterhaltungskosten u der Brücken aus verschiedenen Baustoffen fehlen zurzeit sichere Angaben, betreffs der Erneuerungskosten $W = (N - A)$ ist dies in noch höherem Maße der Fall.

Das Taschenbuch „Die Hütte" gibt für gewölbte Brücken die jährlichen Unterhaltungskosten **u** zu $1^1/_4\,\%$, für hölzerne Brücken zu $1^1/_2$ bis $3^1/_2\,\%$ des Neuwertes N an. Für eiserne Brücken sind aus einer Anzahl beobachteter Fälle die Unterhaltungskosten des Überbaues, einschließlich Anstrich, zu 0,2 bis $3{,}0\,\%$, und ohne den letzteren, der alle 5 bis 6 Jahre zu erneuern ist, auf nur 0,05 N ermittelt. Die „Hütte" bemißt die durchschnittliche Lebensdauer steinerner Brücken mit 100 Jahren offenbar zu gering und damit die Erneuerungskosten auf $1\,\%$ des Baukapitals zu hoch, welche für hölzerne Brücken auf 15 bis 25 Jahre (und bzw. 4 bis $6{,}6\,\%$) bemessen sind. Das „Handbuch der Ingenieurwissenschaften, II. Teil, 1. Band, 1904" betont, daß alle hierüber vorhandenen Zahlenangaben mit äußerster Vorsicht gebraucht werden müssen, da die Dauer der Brücken in hohem Grade von der Beschaffenheit des Baustoffes, von den Konstruktionseinzelheiten und

[1]) Diese Formel deckt sich mit derjenigen, welche zur Ermittlung der höheren Wirtschaftlichkeit zwischen eisernen und hölzernen Schwellen im Kapitel „Oberbau" auf S. 359 mitgeteilt wurde. Das mittlere Glied (X) der oberen Kapitalsformel, welches dauernd den Erneuerungsfonds $(N - A)$ bereit zu stellen hat, ermittelt sich einfach aus folgender Betrachtung:

$$X \cdot (1 + f)^n = (N - A) + X \quad \text{daraus}$$

$$X = \frac{(N - A)}{(1 + f)^n - 1}.$$

von der Sorgfalt der Unterhaltung abhängig seien. Es bemerkt, daß die Fälle nicht selten seien, in denen hölzerne Brücken eine längere Dauer zeigten, als eiserne [1]).

Man nimmt demgegenüber wohl bei steinernen, eisernen und hölzernen Brücken die jährlichen Unterhaltungskosten zu 0,5, 1,0 und 2,0 bis 2,5 % der Bausumme, und deren resp. Dauern bei der Steinbrücke als ewig (∞), beim Eisen auf 150 und beim Kiefernholz auf 20 bis 25, für Eiche auf 30 bis 40 Jahre an. Aber diese Zahlen, welchen als allgemeine Mittelwerte für rohe Überschlagsrechnungen eine gewisse Berechtigung innewohnt, sind für das einzelne Bauwerk verschieden und schwer von vornherein bestimmbar.

Heinzerling rechnet auf S. 99 des „Handbuchs der Ingenieurwissenschaften", II. Teil, 2. Band, 1904 ein lehrreiches Beispiel nach der vorangegebenen Formel durch, wonach die höhere Wirtschaftlichkeit zwischen einer steinernen gewölbten ($N = 180\,000$ M.; $f = 5\,\%$; $u = 0{,}5$ N; $n = \infty$) und einer hölzernen auf Pfahlrost stehenden Jochbrücke ($N = 108\,000$; $f = 5\,\%$; $u = 2{,}5$ N; $n = 25$; $(N-A) = 72\,000$) zugunsten der letzteren ausschlägt.

Man darf bei diesen Fragen nicht aus dem Auge verlieren, daß im Brückenbau Statik und Baukonstruktionslehre stets vergleichbare Ausführungsformen verschiedener Baustoffe darbieten, welche technisch und statisch, d. h. in Erfüllung ihres Sicherheitsgrades bereits dem Betriebszweck angepaßt sind, daß die wirtschaftliche Vergleichsrechnung daher letzthin das Urteil über technisch gleichwertige Bauwerke zu fällen hat. Und wie das kaufmännische Wirtschaftskalkül in der privaten Wirtschaftsunternehmung das Forum höherer Instanz gegenüber verschiedenen technisch gleichwertigen Ausführungsmöglichkeiten bildet, so sollte auch bei Bauausführungen der öffentlichen Körperschaften, welche die fast ausschließlichen Auftraggeber für Brückenbauten sind, die wirtschaftliche Rechnung das letzte Wort sprechen. Das kann aber nur der, das technische Urteil der Vorinstanz selbst beherrschende Volkswirt, der volkswirtschaftlich gebildete Techniker, entscheiden.

Sicher ist nun, daß auf Grund der vorgeführten wirtschaftlichen Vergleichsformeln das Verwendungsgebiet hölzerner Brücken, vor allem bei Wege- und Straßenbrücken, bei denen die Feuersgefahr zurücktritt, sich bei Benützung gut imprägnierter Bauhölzer nicht unwesentlich erweitert, indem die Lebensdauer unter gleichzeitiger Einschränkung der Unterhaltungskosten in höherem Maße steigt, als die Mehrkosten der Imprägnierung.

[1]) So haben in der Schweiz einige hölzerne überdeckte Straßenbrücken ohne wesentliche Erneuerungen einige Jahrhunderte gehalten.

Endlich ist bei den Angaben über kurze Lebensdauern hölzerner Eisenbahnbrücken nicht zu vergessen, daß ihnen fast ausschließlich „ungetränkte Konstruktionshölzer" zugrunde lagen und daß die Zahl früherer Eisenbahnbauten die Sorgfalt vermissen ließ, mit welcher dauerhafte Holzkonstruktionen behandelt werden müssen und heute auch behandelt werden.

V. Die wirtschaftliche Berechtigung der Holztränkung im Brückenbau.

Die vorgehenden Ausführungen über die Verwendung des Holzes im Brückenbau lassen sich kurz in folgende Sätze zusammenfassen:

1. Für die Überbauten größerer Weiten (Strom- und weitgespannte Talbrücken) von mehr als 50 bis 60 m ist das Eisen technisch geeigneter als das Holz. Dies gilt in besonderem Maße für Eisenbahnbrücken, bei denen Flußeisen und Flußstahl höhere Festigkeitsgrade und höhere Feuersicherheit gewähren, als sie das Holz, selbst im getränkten Zustande, geben kann.

2. Für Brücken kleiner und mittlerer Spannweiten bis zu 50 m verdient das Holz bei guter Tränkung nicht nur für Wege- und Straßenbrücken, sondern auch für endgültige Eisenbahnbrücken in einer großen Zahl von Fällen wegen seiner geringeren Herstellungskosten den Vorzug vor der Eisen- oder der Steinbrücke; im einzelnen Fall hat die Wirtschaftsrechnung (unter Einbezug der Unterhaltungs- und Erneuerungskosten) zu entscheiden, welcher Baustoff zu wählen sei.

3. Es kommt dem Holz nach den ausgezeichneten Erfahrungen, die hinsichtlich der lebensverlängernden Wirkung guter Tränkungen, vor allem mit Teeröl (Kreosot), in allen Kulturländern gemacht sind, und die ihm das Unterschwellungsgebiet des Eisenbahnoberbaues erhalten und gesichert haben, im Brückenbau aus wirtschaftlichen Gründen ein erheblich erweitertes Verwendungsgebiet zu, als es demselben in der zeitigen Praxis gewährt wird, weil die Urteile auf der kurzen Lebensdauer roher ungetränkter kieferner Hölzer beruhten.

4. Die umfangreichste Verwendung im Brückenbau findet das teerölgetränkte Holz heute in Gestalt von Schwellenhölzern, wie von Bohlenbelägen der Fahrbahndecken und der Fußgängerstege der Eisenbahn- und Straßenbrücken aller Grade. Hier hat über das Eintauchverfahren oder den Anstrich mit Karbolineum und anderen teerölartigen Flüssigkeiten bereits die Hochdrucktränkung mit Teeröl den Sieg errungen. In Deutschland erfolgt die Tränkung dieser Brückenbauteile durchweg nach denselben Grundsätzen und Bedingungen, die bei der Oberbauschwelle zur Herrschaft gelangt sind. Es scheint, als ob der Brückenbau, Hand in Hand mit der Pflastertechnik, die chemischen und technischen Errungenschaften der neueren Hochdruck-Tränkungsverfahren, im wohlverstandenen eigenen ökonomischen Interesse weiter zu verwerten beginne.

Diese Anfänge weiser Privatökonomie sind begrüßenswerte Anzeichen für die ganze deutsche Volkswirtschaft, die mit dem werbenden Kapital ihrer gesegneten Waldbestände auch an der Frage der erweiterten Verwendung ganzer hölzerner Brückenüberbauten lebhaft beteiligt erscheint.

J. Verschiedene kleine Anwendungsgebiete.

Von Dr. ing: **Friedrich Moll**-Berlin-Südende.

I. Kühltürme.

Ein ganz eigenartiges neues Gebiet für die Imprägnierung hat sich in den Kühltürmen aufgetan. Wegen der großen Unannehmlichkeiten, welche die Bildung von Kesselstein mit sich bringt, streben alle größeren, mit Dampfanlagen ausgerüsteten Betriebe danach, den Dampf durch Kondensation wieder zu gewinnen. Die zum Kondensieren benutzten Kühlwässer nehmen bei diesem Prozeß schnell eine hohe Temperatur an. Da vielfach das Wasser erst aus bedeutender Tiefe aus der Erde gehoben werden muß, so verursacht die Beschaffung genügender Kühlwassermengen ziemlich große Kosten, und es ist daher vorteilhaft, auch die Kühlwässer nicht ablaufen zu lassen, sondern sie nach Benutzung selbst wieder abzukühlen und von neuem zu verwenden.

Die Abkühlung geschieht in sogenannten Kühltürmen. Diese hohen, an den Außenseiten mit Luftschlitzen versehenen Türme sind innen mit zahlreichen Schichten jalousieförmig gestellter Brettchen ausgestattet. Das heiße Kühlwasser wird hoch gedrückt und fällt von oben, durch die Bretterschichten in einen feinen Sprühregen verwandelt, im Turm nieder; gleichzeitig tritt von außen durch die Schlitze Luft in den Turm, welche eine starke Kühlung des Wassers erzeugt. Die stets dumpffeuchte Atmosphäre bewirkt ein außerordentlich schnelles Verrotten des Holzes. Vielfach gehen die Türme schon in drei bis vier Jahren zugrunde. In einigen Anlagen hat man sich dagegen zu schützen versucht, indem man die Querbrettchen vor dem Einbau in Karbolineum tauchte und außerdem in regelmäßigen Zwischenräumen wieder anstrich. Die Kosten dieses Verfahrens sind jedoch ziemlich bedeutend. Es war nun ein Schritt weiter, daß man wenigstens die durchlaufenden Streben und Zimmerhölzer mit Hilfe von Druck und Vakuum im Zylinder mit Teeröl imprägnierte. Aus derartigem Holz gebaute Türme stehen heute in großer Anzahl im Lande und haben sich hinsichtlich ihrer Dauerhaftigkeit gut bewährt.

Endlich versuchte man auch, mit Metallsalzen zu imprägnieren. Gegen die Verwendung von Salzen hatte man hauptsächlich das Bedenken gehabt, daß sie durch die Wässer bald ausgewaschen würden. Bei einer vorschriftsmäßigen Imprägnierung dringt das Salz aber bis zu 3 cm tief in das Holz ein, und wenn die Hölzer nach dem Imprägnieren noch genügend lange lagern, verbinden sich die Salze außerordentlich fest mit der Holzfaser, wobei die Vermutung ausgesprochen werden darf, daß es sich hier um eine intramolekulare Einlagerung der Salze in den Stoff, aus dem die Holzfaser aufgebaut ist, handelt.

II. Holz in der Gärtnerei.

Bei der Gärtnerei und Landwirtschaft spielt die Rücksicht auf die mit den imprägnierten Hölzern in Berührung kommenden Pflanzen

eine große Rolle. Je enger die Berührung mit der Pflanzenwelt, desto mehr ist dafür zu sorgen, daß der verwendete Tränkstoff keine nachteiligen Einflüsse auf die Pflanzen ausübt. Nach diesem Gesichtspunkt kann man die in den Landwirtschafts- und Gärtnereibetrieben verbrauchten Hölzer in folgende Gruppen einteilen: 1. Zaunstiele, Einfriedigungen für Felder usw., Rampen für Gleisanschlüsse, 2. Lauben, Baumpfähle, Weinbergspfähle, Hopfenstangen, Balken und Bauhölzer, 3. Mistbeetkästen, Pflanzenkübel, Warm- und Kalthäuser.

Für die erstgenannten ist nur die Wirtschaftlichkeit entscheidend. Aus alter Gewohnheit werden zwar Zäune und ähnliches auch heute noch vielfach in Karbolineum eingetaucht oder damit gestrichen. Eine Schutzwirkung hat aber weder das Eintauchen noch der Anstrich, namentlich dann nicht, wenn er nicht in regelmäßigen Zwischenräumen erneuert wird, wodurch er sich natürlich im Laufe der Zeit sehr verteuert. Ist die Holzmenge nur einigermaßen hinreichend, etwa 10 cbm und mehr, so ist es rätlich, zu konservierenden Metallsalzen zu greifen und sich mit geringen Mitteln selbst eine Grube herzustellen oder einen Imprägnierkessel anzuschaffen.

Schärfer sind die Anforderungen bei der zweiten Gruppe. In den Kreisen von Gärtnern, Weinbauern und Landwirten findet man oft die Ansicht vertreten, daß Hölzer, welche mit Teer, Karbolineum und dergleichen gestrichen seien, schädliche Wirkungen auf das Wachstum der Pflanzen ausüben und das sogenannte Verbrennen verursachen. Den nachteiligsten Einfluß auf die jungen Triebe sollen die Teersäuren, Phenol, Karbol usw. ausüben.

In Süddeutschland bevorzugt man als Konservierungsmittel in der Nähe von Pflanzen die Metallsalze. Dort wird seit Jahren das Holz zu Hopfen-, Rebstangen und Baumpfählen kyanisiert. Gegen die Metallsalze ist allerdings der Einwand geltend gemacht, sie seien wasserlöslich und würden deshalb leicht aus dem Holze ausgewaschen. Dieser Vorwurf scheint etwas übertrieben zu sein, da die Holzfaser die Salze immerhin so fest bindet, daß beim Waschen nur ein geringer Teil davon wieder entfernt wird. Dr. Thomann, Chefchemiker von Guido Rütgers Imprägniergesellschaft in Wien, schreibt: „Das Chlorzink besitzt im Verhältnis zu neueren Imprägnierverfahren eine geringe antiseptische Kraft und ist infolge seiner Löslichkeit leicht auswaschbar, hat aber trotzdem recht beachtungswerte Erfolge aufzuweisen, die vor einer Überschätzung der Gefahr des Ausgewaschenwerdens warnen sollten."

Bei der dritten Gruppe kommt die Pflanze durch Tropfwasser, durch Wurzeln usw. in die engste Berührung mit dem Holze, und damit unter den stärksten Einfluß des Imprägniermittels. Darum muß hier besonderes Gewicht darauf gelegt werden, nur sehr schwer auslaugbare Salze oder Salzgemische für die Konservierung dieser Hölzer zu verwenden. Leichte Auswaschbarkeit der Konservierungsmittel schwächt den Widerstand der Hölzer gegen Fäulnis; dazu kommt, daß die Antiseptika in wässeriger Lösung auf die Pflanzen tropfen, diese stark schädigen würden. Die in das Holz eingebrachten Konservierungs-

mittel sollen auch nicht verdunsten. Die sich verflüchtigenden Antiseptika führen nämlich durch ihre Giftwirkung eine Zerstörung der Pflanze herbei. Genügend bewährt haben sich für die dritte Gruppe das Kyanisieren und das Wolmansche Imprägnierverfahren. Bei beiden ist die antiseptische Lösung schwer auslaugbar und völlig geruchlos. Wenn möglich, sollte man die Lösungen dieser Salze unter Druck in das Holz einpressen, denn nur bei Benutzung von Vakuum und Druck gelingt es, alle durchtränkbaren Holzteile mit der schützenden Lösung zu füllen. Für geringe Holzmengen muß man sich mit dem Einlagern in offene Kübel begnügen.

Für Rundhölzer, Balken und andere in der Gärtnerei gebrauchte Hölzer können mithin das Kyanisieren und das Wolmansche Imprägnierverfahren um so mehr als geeignet angesehen werden, als sie infolge der geringen Anlagekosten von jedem größeren Betriebe selbst ausgeführt werden können.

Um auch das Holz, besonders Mistbeetfenster, gegen Reißen durch den Einfluß der strahlenden Sonne zu schützen, soll es nach einem neueren Verfahren mit Azetonöl, einem Rückstand der Azetondestillation imprägniert werden. Das Azetonöl scheint zwar auf den Pflanzenwuchs keine nachteilige Einwirkung zu haben, steht dem Teeröl aber andererseits in antiseptischer Beziehung bedeutend nach. Aus der Patentschrift geht hervor, daß dem Öle Zusätze, wie Harz, Paraffine usw. gemacht werden sollen. Wenn es nur auf die Verhinderung des Reißens ankommt, so dürfte ein Imprägnieren mit billigen Paraffinen oder Harzen wohl auch schon seinen Zweck erfüllen. Ausschlaggebend für die Verwendung irgend eines dieser Stoffe wird einzig deren Beschaffungspreis sein.

III. Holzfärberei.

Genau wie beim Imprägnieren gegen Fäulnis gibt es auch in der Holzfärberei verschiedene Wege, den Farbstoff in das Holz einzuführen. Am einfachsten ist das Anstreichen, wenngleich auch zur Erzielung eines guten, dauerhaften Anstrichs große Sorgfalt und reiche Erfahrung gehört. Das Anstreichen von Holz ist heute zu einer besonderen Technik ausgebildet, die eine reiche Literatur gezeitigt hat. Wenn man vom Lackieren absieht, so kann man den Anstrich dahin erklären, daß das Holz mit einer Schicht überzogen wird, die die Struktur und Farbe des Holzes vollständig verdeckt. Will man die Maserung des Holzes sichtbar erhalten und gleichzeitig die Farbe fester mit dem Holze vereinigen, so verwendet man Beizen. Nach geeigneter Vorbereitung werden die Farblösungen auf das Holz gebracht. Bei passender Zusammenstellung von Farbe und Lösungsmittel (Wasser, Spiritus, Azeton usw.) bleibt der Farbstoff nicht als suspendiertes Pulver in diesem, sondern löst sich auf und wird dadurch befähigt, in das Holz einzudringen. Allerdings ist die Eindringungstiefe nur gering. Gebeizte Eichenmöbel sind zurzeit sehr beliebt; sie zeigen aber auch den Hauptnachteil des Beizverfahrens, daß nämlich nach verhältnismäßig kurzer

Benutzung Ecken und Kanten infolge der Abnutzung das rohe, ungefärbte Holz durchscheinen lassen. In der Regel kann man hier nur durch vollständiges Neubeizen der ganzen Möbelstücke abhelfen. Es liegt daher nahe, auch hier in der Färberei zu Verfahren zu greifen, die eine möglichst in die Tiefe gehende Wirkung gestatten, d. h. zur Imprägnierung. Je nach Holzart, sowie nach etwaigen besonderen Schönheitszielen sind natürlich auch die Einrichtungen zur Imprägnierung oder Durchfärbung verschieden. Zum Durchfärben werden vor allem Rotbuche, Weißbuche, Ahorn, Birke, Linde, Birne, Eiche und billige Nadelhölzer verwandt. Ahorn und Linde erlauben gleichmäßige Flächenwirkungen; Birnbaum gibt ausgezeichnete Schwarzfärbung (Ebenholzimitation). Bei Eiche soll der Charakter des Holzes sichtbar erhalten bleiben und nur der Farbenton geändert werden. Alteiche wird meist dunkelgrün gefärbt, Nußbaum und Mahagoni dagegen „gereift", d. h. die Farbe wird vertieft. Weißbuche ermöglicht durch ihre Maserung schöne Wirkungen, welche bei Schirm- und Stockkrücken beliebt sind. Rotbuche, das billigste der vollständig durchfärbbaren Hölzer, kann zur Erzielung aller denkbaren Phantasiefarben imprägniert werden. In allen Fällen ist es jedoch nötig, vorerst durch sorgfältige Proben, die Farbwirkung festzustellen. Auf die an die Farbe zu stellenden Forderungen, daß sie lichtecht sein müssen und sich mit Bestandteilen des Holzes nicht in unerwünschter Weise umsetzen dürfen (Einwirkung von Gerbsäuren), soll hier nicht näher eingegangen werden. Die Ausgestaltung der Farbanlage im imprägniertechnischen Sinne wird hauptsächlich durch das zu färbende Holzsortiment und die Holzart bestimmt. An Sortimenten kommen vornehmlich die folgenden drei in Frage: 1. Bretter- und Dimensionshölzer für Möbel, Türen usw., 2. Leisten- und Kantenhölzer für Rahmen, Spazierstöcke usw., 3. Fournierhölzer. Bei den kaum 1 mm starken Fournieren kommt man mit geringem Druck aus. Manche Fourniere lassen sich schon durch Einlegen in kochende Farblösungen in kurzer Zeit genügend durchfärben. Bei schwer aufzuschließenden Hölzern in Fournierform ist ein mehrere Stunden anhaltender Druck von 1 bis 2 Atm. anzuwenden.

Bei Brettern und Kanthölzern wird man sich vielfach mit einer verhältnismäßig geringen Eindringungstiefe begnügen. Zwar lassen einige Hölzer, besonders Buche, Lösungen sehr gut durch; andere dagegen, wie Eiche, setzen dem Eindringen von Flüssigkeiten den größten Widerstand entgegen. Wollte man bei solchen Hölzern eine vollständige Durchdringung erzwingen, so würden die Bau- und Betriebskosten der Anlage unverhältnismäßig hoch werden. Bei solchen Hölzern wird man daher schon vor dem Färbeprozeß den Stücken möglichst die endgültige Form geben, so daß nur noch ein letztes Abschleifen und Polieren der Oberfläche notwendig ist. Bei kleineren Stücken, wie Spazierstöcken und Bilderrahmenleisten kann man dagegen unbedenklich bis zu recht hohem Druck hinauf gehen. Es wird hier häufig die Forderung besonderer Färbungseffekte selbst bei den von Natur sehr schwer imprägnierbaren Hölzern gestellt. So nimmt z. B. bei Weißbuche das Grundgewebe den Farbstoff bei verhältnismäßig nied-

rigem Druck auf, während die Markstrahlen größten Widerstand leisten. Für einen speziellen Fall wurde von Dr. Moll ein Zylinder konstruiert, welcher den Druck bis auf 100 Atm. zu steigern gestattete. Die Länge des Zylinders betrug 1.25 m, der Durchmesser 25 cm; die freie Öffnung ist — um den Deckel diesem ungeheuren Druck entsprechend sicher abzudichten — auf 8 cm zusammengezogen. Anlagen mit so hohen Drucken, welche für Schirmkrücken und Knöpfe bestimmt sind, kommen jedoch verhältnismäßig selten vor. Die meisten bestehenden Holzfärbereianlagen lehnen sich in ihrer technischen Ausgestaltung an die bei der Holzkonservierung verwendeten an. Die einfachsten Anlagen bestehen aus offenen Bassins oder Kesseln, in deren Farbenlösung die Hölzer ohne Druck eingetaucht werden. Durch Erwärmen der Flüssigkeit bzw. durch Kochen des Holzes in derselben wird die Arbeit bedeutend beschleunigt und verbessert. Das Bedenken, das man sonst gegen die Anwendung heißer Flüssigkeiten haben kann, daß nämlich die Festigkeit des Holzes unter ihrer Einwirkung leide, ist in der Holzfärberei unwesentlich. Von Möbeln, Bilderrahmen usw. werden keine Höchstleistungen der Festigkeit verlangt, welche eine auf genauer Berechnung beruhende Ermittlung ihrer Abmessung nötig machen; die geringe Einbuße an Festigkeit kann bei ihnen daher vernachlässigt werden.

Bei einer eigenartigen Gruppe von Färbereiverfahren, welche bald als „Senilisieren", bald als japanisches, schwedisches usw. Verfahren beschrieben wird, handelt es sich im Grunde darum, Möbelhölzern schnell die Eigenschaften und die Farbe alten „ausgereiften" Holzes zu geben. Das gilt besonders von Eiche, bei dem die im Laufe längerer Jahre entstehende dunkle Tönung als besonders wertvoll geschätzt wird. Während einige Erfinder für diesen Zweck den elektrischen Strom benutzen wollen, nehmen andere Salmiak und ähnliche Gase, noch andere endlich — von denen die Deutschen Werkstätten für Handwerkskunst genannt sein mögen — vergraben die Hölzer längere Zeit in Erde, welche mit Lösungen bestimmter Salze getränkt ist.

Eine noch andere Art von Färberei beruht auf dem im zweiten Hauptabschnitt beschriebenen Boucherieverfahren. Als unbeabsichtigte Vorläufer dieses Verfahrens kann man die Versuche von Dr. Hales und dem Naturforscher Buffon betrachten, die Saftbahn des Holzes durch Aufsaugen von Farblösungen in das lebende Holz festzustellen. Boucherie nennt in seinem Patent vom Jahre 1838 neben dem Zwecke der Holzkonservierung ausdrücklich auch die Färberei. Der gleiche Anspruch findet sich in fast jedem der folgenden an Boucherie anknüpfenden Patente wieder, deren Zahl sich bis zur Gegenwart auf fast 100 beläuft. Der Grundgedanke aller ist der, daß die Färbflüssigkeit gleich wie der natürliche Saftstrom beim lebenden Stamm in der Richtung der Gefäße, d. h. in der Längsrichtung, durch den zu färbenden Stamm geschickt werden soll. Infolgedessen muß die Stirnfläche, auf der die Flüssigkeit in das Holz eintritt, mit einer besonderen Abdichtung oder Kappe versehen werden. Große Verdienste um die Einführung dieses Systems in die Holzfärberei haben sich die Österreicher Pfister, Vater

und Sohn, erworben. Ursprünglich hatte Pfister in Gemeinschaft mit dem Freihern von Brenner die Anlage so ausgeführt, daß auf die Stirnfläche des zu färbenden Stammes ein dehnbarer Kautschukring aufgezogen wurde. Auf diesem Ring wurde dann die eigentliche Kappe aufgepreßt, welche mit dem Farbenbehälter in Verbindung stand. Die Farbe trat unter Druck in den hohlen, durch den Kautschukring und die Kappe vor der Stirnfläche gebildeten Raum und von dort in das Holz. Später wurde die Einrichtung mehrfach abgeändert, um sie möglichst allen Anforderungen anzupassen und um vor allem einen bequemen und schnellen Betrieb zu ermöglichen. Um ein gleichmäßiges Muster durch das ganze Holz zu erhalten, legte Pfister auf die Stirnfläche Schablonen auf.

Das Boucherieverfahren hat auf den ersten Blick etwas Bestechendes, und die Möglichkeit der Anbringung von Mustern tut das ihrige, den Vorteil der „Färberei auf dem natürlichen Saftwege" noch weiter hervorzuheben. Aber trotzdem haften diesem Verfahren schwere Mängel an, die zum Teil überhaupt nicht zu beseitigen sind. Jede Lösung folgt, wie schon im Jahre 1840 Schultze feststellte (Schultze, Weimar 1844, „Neues wohlfeiles und bewährtes Verfahren, das Holz zu konservieren und in seiner ganzen Masse dauerhaft gefärbt zu erhalten") den auch vom lebenden Stamm vorzugsweise benutzten Saftwegen. Das Kernholz bleibt vollständig frei und im Splintholz werden die äußeren Jahresringe auffällig bevorzugt. Selbst bei der Rotbuche, welche nur Splintholz hat, ist niemals eine vollständig gleichmäßige Färbung zu erreichen. Pfister versuchte durch mehrfaches Hin- und Herschicken der Lösungen im Stamm, indem er dieselben einmal vom Stammende, einmal vom Zopfende aus durchpreßte, diesen Mangel zu beheben; aber die Kosten stiegen unverhältnismäßig an, ohne daß der Erfolg ausreichend gewesen wäre.

Auch bei der Färberei ist das Einpressen von Flüssigkeit im geschlossenen Zylinder mit Hilfe von Vakuum und Druck zweifellos als das beste zu bezeichnen. Zwar lassen sich auch hierdurch stärkere Stücke, und besonders Kernholz, nicht gleichmäßig durchfärben. Aber im Gegensatz zum Boucherieverfahren ist man in der Lage, das Holz vor dem Verfahren einzuschneiden und in seine endgültige Form zu bringen. Es ist daher selbst bei Kernholz möglich, eine wenigstens einige Millimeter starke durchgefärbte Schicht zu erzielen. Findet keine weitere tiefgehende Bearbeitung statt, so ist das auch vollständig ausreichend.

Da die meisten Hölzer Stoffe enthalten, welche auf den Farbstoff in unerwünschter Weise einwirken können, so unterwirft man sie vor dem Färben noch einer besonderen vorbereitenden Behandlung. Vielfach genügt gutes Dämpfen, dessen im zweiten Hauptteil dargelegten Nachteile auf die Festigkeit des Holzes hier wieder in den Hintergrund treten. Dabei werden die oberen Schichten des Holzes aufgelockert und Gerbstoff usw. ausgelaugt. Harzführende Hölzer, wie Kiefer, verlangen zur Erzielung einer gleichmäßigen Färbung schärfere Mittel. Sie werden mit Chromkali, unter Umständen sogar mit Soda, vorgebeizt.

Hierdurch wird in den oberen Schichten das Harz in einen Zustand überführt, der seine Entfernung durch Alkohol oder durch Dämpfen gestattet. Die Lauge muß natürlich vor dem Färben auch wieder ausgewaschen werden. Nach dem Färben wird das Holz getrocknet. Hierbei nimmt die Tiefe des Farbtones in der Regel ab, was bei der Arbeit zu berücksichtigen ist, doch wirkt Nachbehandlung mit Öl oder Polieren wiederum auf eine Vertiefung des Farbtones hin. Bei Verwendung von Anilinfarben ist sorgfältige Auswahl geboten, da die meisten derselben nicht lichtbeständig sind. Für Braun, das in allen Abstufungen sehr beliebt ist, ist die bekannte Nußbeize bis jetzt immer noch das beste und zugleich billigste; auch für Schwarz ist es noch nicht gelungen, dauerhafte und gut deckende künstliche Farbstoffe herzustellen. Die besten und tiefsten Schwarzfärbungen, wie sie für Ebenholzimitation unbedingt erforderlich sind, werden mit Blauholzauszug und Nachbehandlung mit essigsauren Salzen hergestellt.

IV. Holz zu Akkumulatoren.

In älterer Zeit wurden die Akkumulatorenkasten aus Glas hergestellt. Das Anwachsen der Abmessungen zwang dazu, sich nach einem billigeren Material umzusehen. Die leichte Möglichkeit der Bearbeitung lenkte die Blicke bald auf das Holz. Aber auch bei diesem zeigten sich in kurzer Zeit Mängel, die schon früher zur Verwerfung von Metall usw. geführt hatten. Aus der verdünnten Schwefelsäurelösung des Akkumulatorenkastens saugt sich das Holz voll Säure. Diese zerstört zunächst die Oberfläche, dann immer tiefere Schichten des Holzes. Man hat sich dagegen zu schützen gesucht und das Holz mit Asphalt, Lack und allerlei Kunsterzeugnissen der Neuzeit überzogen. Die Kosten waren hoch, der Erfolg gering. Dann kamen etwa seit dem Jahre 1905 die Vorschläge zum Imprägnieren des Holzes auf. Die in der Patentliste genannten Stoffe bezwecken alle nur die Entfernung gewisser Bestandteile des Holzes, sei es der Salze oder Harze, oder auch der leichter angreifbaren Stoffe der Faser, wie des Lignins. Es ist ersichtlich, daß durch diese Maßnahmen die Festigkeit des Holzes außerordentlich vermindert wird (siehe zweiter Hauptteil). Andererseits wird aber auch gar nichts dadurch gewonnen, denn die Schwefelsäure zerstört, weil sie sich im Holze selbst anreichert, auch dessen widerstandsfähigere Teile. Nun schlug man den umgekehrten Weg ein. Die Schwefelsäure mußte gehindert werden, überhaupt erst ins Holz einzudringen. Dazu sollten die Zellen des Holzes gefüllt werden. Powell empfahl hierzu sein Verfahren des Einpressens einer Zuckerlösung. Nun wird bekanntlich Zellulose durch Schwefelsäure zu Zucker und dieser zu Kohle abgebaut. Schon diese theoretische Erwägung mußte die Unerfüllbarkeit des Vorschlages erkennen lassen. Die Praxis gab die Bestätigung dafür. Von anderer Seite wurde die Ausfüllung der Zellen mit festen Stoffen durch Umsetzung zweier Salze, etwa nach dem Verfahren Payens, empfohlen. Da ja mit jedem Salze, um es in löslicher Form zu halten, auf welchem Wege es ja nur allein eindringen kann,

größere Mengen Wasser mit eingeführt werden müssen, so ist es klar, daß der gebildete Niederschlag, auch wenn er wirklich weiter in die Tiefe des Holzes reichen sollte, niemals die Zellen ganz ausfüllen kann. Von der Doppeltränkung zwecks Umsetzung ausgehend, versuchten andere, das Holz mit solchen Stoffen zu tränken, die die Schwefelsäure neutralisieren. Der Gedanke ist gut, aber die Erfahrung zeigte seine Unbrauchbarkeit. Da auch diese Stoffe nur in Wasserlösung ins Holz eingebracht werden können, so können sie niemals ausreichend zur Neutralisierung größerer Mengen der Säure sein. Wenn aber die zuerst eingedrungene Säure und damit auch das Neutralisierungsmittel beseitigt worden ist, dann hindert ja nichts, da ja das ausgefällte Salz niemals die ganze Zelle ausfüllt, weitere Mengen der Säure am Eindringen.

Bisher ist immer angenommen worden, daß die Säure in den Hohlräumen der Zellen weitergeleitet wird. Das ist bis zu einem gewissen Grade auch der Fall. Aber, genau wie z. B. beim Metall nicht durch Aufnahme von Säure, sondern durch Umwandlung immer weitere Schichten seiner Oberfläche allmählich abgetragen werden, so wird sicher auch das Holz durch ähnliche schichtenweise Zerstörung von außen angegriffen. Da können natürlich die geringen, etwa in der Zelle vorhandenen Massen nichts helfen. Es muß angestrebt werden, nicht nur diese vollständig auszufüllen, sondern auch die ganze Holzfaser mit einer festen, wenn möglich noch in die Wand eindringenden Stoffmasse zu bekleiden, die gegen Schwefelsäure indifferent ist. Ein solcher Stoff ist das **Paraffin.** Bei einer Temperatur von 50° fest, wird es darüber hinaus zu einer leichtflüssigen und fast wie Wasser ins Holz eindringenden Masse. Als Gemisch gesättigter Kohlenwasserstoffe ist es indifferent gegen chemische Einflüsse (Parum affinis = wenig verwandt zu anderem); es ist in großen Mengen billig zu erhalten. Bei Versuchen des Verfassers ließ sich nachweisen, daß nicht nur 3 cm starke Kiefern- und Buchenbretter völlig durchdrungen und die Zellen vollständig angefüllt waren, sondern auch, daß das Paraffin sehr fest mit der Zellwand verbunden war und auch bei Zusatz von konzentriertem Alkohol sich nicht ablöste. Es scheint demnach bis jetzt das geeignetste Material zum Schutz der Akkumulatorenhölzer zu sein. Andere, weiter vorgeschlagene ähnliche Stoffe, wie Pech, Teer, Asphalt, vermögen wegen ihres Gehaltes an freiem Kohlenstoff nicht einzudringen. Wegen der beim Laden der Akkumulatoren auftretenden hohen Temperaturen können jedoch nur Paraffine von hohem Schmelzpunkt, Montanwachs etc. verwendet werden. Für die Frage, ob Holz für Akkumulatoren besser durch Bleibekleidung oder durch Imprägnierung zu schützen sei, sind, wie auf vielen anderen Gebieten, die wirtschaftlichen Interessen ausschlaggebend.

V. Behandlung von Möbeln und Kunstwerken.

Ein kleines Sondergebiet der Holzkonservierung ist den Gasen und Dämpfen vorbehalten geblieben, die Behandlung wertvoller Möbel, kleiner Kunstwerke, Holzschnitzereien, sowie ähnlicher Gegenstände,

welche „vom Wurm befallen" sind. Hier handelt es sich nicht um vorbeugende Maßregeln gegen Holzzerstörung, sondern darum, den im Holze eingenisteten Wurm, meist Käfer der Art Anobium, abzutöten. Flüssigkeiten werden in der Regel schaden, dringen auch schecht ein. Der Vorschlag, mit einer feinen Spritze in alle Bohrlöcher hineinzuspritzen, scheint mir nicht empfehlenswert zu sein: die Ausführung würde wohl keinen Erfolg verbürgen, da die Eier gegen das Eindringen von Flüssigkeiten sehr widerstandsfähig und die Schalen fast undurchlässig sind. Solche Holzgegenstände werden daher in einen gut schließenden Kasten gelegt und darin längere Zeit indifferenten Gasen, d. h. solchen, welche etwaige Farben oder Politur nicht angreifen, ausgesetzt. Geeignete Gase sind: schweflige Säure, Kohlensäure, Tetrachlorkohlenstoff und Chlor; Heinzerling hält Schwefelkohlenstoff für geeignet.

Für weniger empfindliche Gegenstände wird auch das Tränken mit Benzol empfohlen.

Holzschnitzereien, die von Insekten schon teilweise zerstört worden sind, tränkt man mit Quecksilberchloridlösung (1 Quecksilberchlorid zu 100 Wasser). Nach dem Tränken werden die Gegenstände in eine Leim- oder Harzlösung eingetaucht und dann abgerieben.

VI. Behandlung des Holzes auf den Holzlagerplätzen.

Von Professor **Dr. Richard Falck**-Hann.-Münden.

Es ist bereits hervorgehoben worden, daß eine Infektion durch die Erreger der Lenzitesfäule in dem lebenden Stammholze nicht zustande kommt, und daß das frisch gefällte Holz in bezug auf die im Hause vorkommenden Holzzerstörer im allgemeinen als infektionsfrei zu betrachten ist.

Die Infektion des Holzes nach der Fällung kann zustande kommen entweder durch Mycelien oder durch Sporen. Die Mycelinfektion setzt stets eine unmittelbare Berührung, sei es mit erkrankten Holzteilen oder mit dem von Mycelien durchwachsenen Waldboden voraus. Die Sporeninfektion erfolgt dagegen in der Regel durch die Luft, und die Übertragung der Krankheit findet trotz räumlicher Entfernung statt. Für das Zustandekommen der Lenzitesfäule und der übrigen typischen Innenfäulen (Lagerfäulen) des Bauholzes kommt lediglich die Sporeninfektion in Betracht.

Für die Verhütung der Sporeninfektion kommt daher in erster Linie die Beseitigung (durch Verbrennen, Vergraben, Desinfizieren) des infektiösen Materials, das sind besonders die mit Fruchtkörperbildungen [1]) versehenen Hölzer oder Holzreste, in Betracht.

Auf Holz- und Zimmerplätzen sind es zumeist Balkenhölzer von ungangbaren Dimensionen, die längere Zeit liegen bleiben. Diese fruktifizieren bereits im zweiten oder dritten Jahre und infizieren dann das

[1]) Hier ist zu erwähnen, daß nur die durchfeuchteten Fruchtkörper Sporen bilden und verbreiten können, so daß lenziteskranke Hölzer, auch wenn sie Fruchtkörper tragen, im völlig trockenen Zustande keine Infektionsgefahr darstellen.

ganze Holzlager mit ihren Sporen. Derartige Hölzer sind, sofern sie noch brauchbar sind, zu desinfizieren bzw. zu imprägnieren, oder von den Holzplätzen zu entfernen.

Besonders ist zu vermeiden, unbehandelte Balkenabschnitte als Unterlagen für die Holzstapel zu verwenden, da diese stets (auch von anderen Holzzerstörern) befallen werden. Balkenunterlagen oder sonstige auf den Holzplätzen dauernd gebrauchte Balkenabschnitte, auch die als Zwischenlagen benutzten Hölzer sind nur in imprägniertem Zustand zu verwenden.

Weitere Infektionsquellen sind die auf den Boden der Lagerplätze abfallenden Holzabfälle und Holzreste, die sich alsbald mit Fruchtkörpern (auch anderer Holzzerstörer) bedecken und das darüber oder in der Nähe lagernde, gesunde Material infizieren. Die Holzplätze und insbesondere der Erdboden unter den Holzstapeln ist daher von Holzresten und anderen organischen Substanzen freizuhalten.

Wichtig ist auch die trockene, rein mineralische Beschaffenheit des Bodens auf den Holzlagerplätzen. Auf humosem, feuchtem Untergrunde würde sich eine Pflasterung empfehlen. Vielfach wird auch eine Kies- oder Sandaufschüttung genügen.

B. Patentlisten.

Zusammengestellt von **Dr. Friedrich Moll**-Berlin.

1. Künstlicher Schutz des Holzes gegen Tiere.

I. Belgien. — 1847, Nr. 3414, Landas: Gegen Insekten. — 1867, Nr. 21887, Fawke: Anstrich. — 1868, Nr. 23768, W. H. Smith: Anstrich. — 1910, Nr. 226512 und 226517, Gerlache: Ammoniakalische Lösungen mit Arsenik.

II. Canada. — 1887, Nr. 25924, Caß: Teer und Arsen. — 1889, Nr. 31813, Catheron: Pech, Teer, Harz, Talg, Asphalt, Sand. — 1893, Nr. 41828, Keon: Anstrich. — 1893, Nr. 44915, Hall (U.S.A.): Alkalisalze der Kiesel-, Kohlen-, Chrom- oder Arsensäure. Nr. 68651, Gold: Anstrich und Überwickeln von gestrichenem Zeug. Nr. 65391, Gold, wie vor., darüber Teer und Sand.

III. Deutschland. — 1894, Nr. 76936: Ausräuchern. — 1902, Nr. 143472, Schrader: Öl- oder Lackfarbe mit Metallseife. — 1908, Nr. 232380, Nördlinger: Ammonsalz der Arsensäure.

IV. Frankreich. — 1838, Nr. 6138, Roche: Gegen Termiten: 1. Koloquintensaft, Nux vomica und Absinth oder 2. Ölanstrich. — 1846, Nr. 2992, Gemini: Teer und Kampfer. — 1847, Nr. 3441, Cox: Teer mit Arsenik. — 1866, Nr. 73998, Megret: Alaun und Zinkvitriol. — 1876, Nr. 111493, Dieres Montplaisir: Ätznatron und Arsen. — 1876, Nr. 114756, Cavagna: Torfteer nebst Zusatz. — 1892, Nr. 220711, Labbé: Borsäure, Chromsäure resp. Salze. — 1905, Nr. 319354, Flamache: Lösliches Bariumsalz.

V. Großbritannien. — 1826, Newmarch: Kupfervitriol, Arsenik und Leinöl. — 1859, Nr. 2754, Hutton: Ätzkalk oder Wasserglas. — 1866, Nr. 394, Brion: Chlorcyanquecksilber. — 1867, Nr. 1924, Fawke: wie Belgien. — 1868, Nr. 2923, Kupferarseniat, Strychnin, Teer. — 1869, Nr. 762: Dasselbe. — 1869, Nr. 1243, Borgnet: Zinkoxyd mit Kautschuk. — 1872, Nr. 2093, Casbay: Saure Teeröle mit Neutralölen und Metallgiften. — 1873, Nr. 2567, Leech: Arsenik, Natriumkarbonat und Kupfervitriol. — 1874, Nr. 2248, Burell: Zinnober, Kalk, Harz. — 1878, Nr. 487, Thilmany (U.S.A.): Dämpfen mit Zinkoxyd. — 1879, Nr. 4523, Allison, für Meslay: Öl mit Phenol. — 1880, Nr. 2883, Lamb: Paraffin, Kohlenwasserstoff, Guttapercha, Kochsalz. — 1881, Nr. 2403, Brown: Arsenasche, Teer, Pech und Leinöl. — 1881, Nr. 3751, Rodyk (für Dennys): Zink, Kupfervitriol mit Firnis. — 1888, Nr. 12964, Murchison: Arsenik, Kupfervitriol, Soda. — 1890, Nr. 12193, Anns (U.S.A.): Bekleiden mit Blech. — 1892, Nr. 3301, Wilcox: Antinonnin. — 1896, Nr. 4685, Owen & Thatcher, Ätznatron und Arsenik in Karbolsäure. — 1896, Nr. 25851, Gallinowsky: Bekleiden mit imprägnierter Baumwolle oder Jute und Einlegen in siedenden Teer.

VI. Norwegen. — 1908, Nr. 17267, Hensiet (Amsterdam): Teer, Kalk, Arsen, Borax.

VII. Sachsen. — 1872, Nr. 3236, Bösenberg: Gegen Käfer.

VIII. Österreich. — 23. 7. 1857, Mayer: Gegen Käfer in Möbeln. — 20. 9. 1862, Busetto: Gegen Teredo. — 18. 3. 1868, Schaler: Gegen Insekten und Faulen.

IX. Queensland. — 1886, Nr. 110, Maynard: Antitermite.

X. Vereinigte Staaten. — 1888, Nr. 391209, Taylor: Arsenik, Ätznatron, Salmiak und Salpeter. — 1889, Nr. 414247, Phillipps: Erst Asphalt, dann Überzug mit getränktem Stoff, dann Asphalt mit Kalk. — 1889, Nr. 414249, Phillips: Wie vor. — 1894, Nr. 526552, Arnonds: Teer, Pech, Asphalt, Glaspulver und Sand. — 1894, Nr. 542247, Gallinowsky: Getränkter Stoff. — 1896, Nr. 571654, Gallinowsky: Überzug mit imprägnierter Zeughülle. — 1896, Nr. 579101, Valleen: Ätznatron, Kochsalz und Kupfervitriol. — 1898, Nr. 612839, Gallinowsky: Erst gebrannte Magnesia, dann geteerter Stoff. — 1900, Nr. 643762, Groß: Arsen und Kupfervitriol. — 1907, Nr. 855588, Prudden: Durchleiten eines elektrischen Stromes. — 1907, Nr. 883507, Apfel und Ralph: Magnesiumkarbonat in Öl.

2. Rindenringeln usw.

I. Großbritannien. — 1899, Nr. 17422, Podany: Entsaften durch Ringeln des Holzes. — 1900, Nr. 19901, Ratcliffe: Faule Äste durch Pfropfen ersetzen.

II. Österreich. — 1889, Nr. 40/1560. Podany.

3. Aufschließen und Vorbereiten des Holzes zur Imprägnierung, Dämpfen.

I. Belgien. — 1909, Nr. 213925, Dongrie: Dampf durch Holz à la Boucherie treiben. — 1911, Nr. 234089, Koenmann, wie U.S.A., 987888.

II. Canada. — 1911, Nr. 133200, Koenmann, wie U.S.A. 987888. — 1911, Nr. 136841, Koenmann, wie U.S.A. 1007877.

III. Deutschland. — 1884, Nr. 28837, Sarres: Mit dem Dampf Ammoniak einführen. — 1888, Nr. 49172, Pieper: Tränken mit Sulfiten und Trocknen bei 110–145 Grad. — 1892, Nr. 71839, Murman: Holz für Musikinstrumente entharzen. — 1898, Nr. 105635, Bachert & O'Neil: Einblasen von Dampf unter 100°. — 1899, Nr. 114413, Bruhne: Drehen des Zylinders während des Dämpfens. — 1900, Nr. 116392, Ohlert: Aufschneiden vor der Imprägnierung und nachheriges Zusammenbauen. — 1901, Nr. 136850, Körting: Anlagen zum Dämpfen. — 1904, Nr. 183795, Conti-Vecchi: Entsaften durch Kochen in Öl. — Ebenso England, 1904, Nr. 14183. — Frankreich 344204. — Belgien 177970. — Italien Nr. 68229, 95984, 110031, Zirkulation im Bade, 70277, 82840, 102818, 89703.

IV. Frankreich. 1829, Nr. 2519, Reybert: In Flußwasser legen. — 1857, Nr. 18962, Légé: Kombination von Vakuum und Dampf. — 1862, Nr. 288, Sperl & Hagen, Erst Luft, dann Lauge, dann Salzsäurelösung durch Holz pressen. — 1868, Nr. 81435, Heinemann: Wie England. — 1909, Nr. 423902, Montet: Dämpfen und Evakuieren. — 1909, Nr. 426669, Martin: Dämpfen. — 1909, Nr. 427878, Koenmann, wie U.S.A.: 987888. — 1909, Nr. 431852, A. G. Lignum: Alkohol, Benzol.

V. Großbritannien. — 1859, Nr. 2912, Abbot: Dämpfen. — 1868, Nr. 1363, Heinemann: Entharzen mit Soda, dann Soda und Wasserglas einpressen. — 1898, Nr. 10425, Bachert: wie D.R.P. 105635. — 1911, Nr. 8468, Koenmann: Wie U.S.A. 987888.

VI. Norwegen. — 1899, Nr. 7416, Simpson: Entharzen durch Dampf.

VII. Österreich. — 1880, Nr. 30/1427, Deutsch und Sohn: Nur Dämpfen. — 1881, Nr. 31/1395, Wendelstädt: Anlage mit zwei Kammern. — 1888, Nr. 38/3019, Paradis: Dämpfen. — 1892, Nr. 42/3286, Illeck: Einpressen von heißem Wasser, dann dämpfen, dann Teeröl einpressen. — 1894, Nr. 44/5968, Loustalot und Mathieu: Dampf-Vakuum-Luft. — 1903, Nr. 16/376, Horak und Levin: Wie U.S.A. 755993. — 1904, Nr. 19/774, Brinkman: Vakuum, Kalk- oder Salmiaklauge durchpressen, Wasser nachpressen zum Auswaschen, Luft nachpressen. — 1908, Nr. 36/988, Krützner: Tanne und Fichte erst in gespanntem Dampf, dann Druck plötzlich nachlassen.

VIII. Schweden. — 1904, Nr. 18222, Brenner: Wie U.S.A. 755993.

IX. Schweiz. 1907, Nr. 42081, Martin: Dämpfen mit dem eigenen Saft. — 1910, Nr. 49463, Martin: Das Dämpfwasser soll am Boden des Dämpfzylinders aufgefangen werden.

X. Ungarn. — 1898, Nr. 13 015, Simpson: Vakuum-Trocknen-Dämpfen-Auswaschen mit Alkohol — Nachwaschen mit Ammoniak.

XI. Vereinigte Staaten. — 1870, Nr. 106 625, Sheldon: Kochen in Ätzkalklösung. — 1903, Nr. 735 608, Stanton: Holz-Dämpfanlage mit Abdampf-Kondensation. — 1903, Nr. 75 5993, Brenner: Dämpfen, dann Schwefelsäure durchpressen, dann neutralisieren. — 1908, Nr. 916 149, Hartley: Anlage zum Dämpfen. — 1909, Nr. 921 000, Roberts: Holz im Bad hoch erhitzen. — 1910, Nr. 987 888, Koenmann: Waschen mit Ammoniakwasser, Nachwaschen mit reinem Wasser. — 1910, Nr. 1007 877, Koenmann (für Allen): Erst Ammoniumpolysulfid (Schwefelammoniak) durchpressen, dann Sauerstoff; ebenso Italien 118 201.

4. Holztrocknerei.

I. Belgien. — 1862. 5. 12., Guibert: Wie Frankreich. — 1863, Nr. 15 360, Guibert: Wie Frankreich. — 1863, Nr. 23 768, Heinemann. — 1897, Nr. 127 732, Morton. — 1898, Nr. 139 286, Reiner (Deutschland): Trocknen im Zylinder durch Vakuum und Wärme. — 1902, Nr. 163 788, Lehmann: Trocknen im Zylinder bei Wärme und Vakuum. — 1902, Nr. 163 849, Willemin: Trocknen im Zylinder mit Vakuum und Druckluft und Wärme. — 1904, Nr. 176 738, Gray: Trockenanlage. — 1906, Nr. 193 988, Chapellin: Trockenkammer. — 1907, Nr. 201 880, Müller: Trockenkammer. — 1908, Nr. 205 421, Knaper: Trocknen im Zylinder bei Vakuum, Fortschritt automatisch kontrolliert. — 1908, Nr. 209 888, St. Beurre: Trocknen durch Einbetten in Kalziumchlorid. — 1909, Nr. 227 572, Vinel: Trockenanlage, Gebäude.

II. Baden. — 1851, Jeck: Trockenanlage.

III. Canada. — 1853, Nr. 430, Buchanan: Trocknen. — 1856, Nr. 678, Tomkins: Saft aus dem frisch geschlagenen Stamm ziehen. — 1871, Nr. 3323, Randall. — 1875, Nr. 4285, Taylor: Trockenanlage. — 1875, Nr. 5094, Curran and Wilcox: Trockenanlage. — 1875, Nr. 44016, Woods: Trockenanlage. — 1877, Nr. 7902, Robbins, wie Frankreich.

IV. Dänemark. — 1897, Nr. 1146, Polke: Rapidtrocknung mit hydraulischer Presse.

V. Deutschland. — Hier sind nur die Patente erwähnt, die unter Holzkonservierung besonders genannt worden sind. — 1833, Nr. 29 324, Koch und Herre: Trocknen durch Chlorkalzium und Kochsalz. — 1884, Nr. 27 835, Roßdeutscher: Einbetten in Stoffe, die Feuchtigkeit aufsaugen. — 1894, Nr. 83 973, Sainte Marie und Hoffmann: In konzentrierter, 100 Grad heißer Salzlösung kochen. — 1897, Nr. 100 558, Meyer: Kochen in Mischung, die Wasser heraustreibt und leicht verdunstet. — 1898, Nr. 102 002, Petraschek: Anlage mit mehreren Kammern. — Ebenso: Nr. 667 832 Vereinigte Staaten. — 1898, Nr. 15 656, England. — Nr. 273 548, Frankreich. — Nr. 2353, Dänemark. — Nr. 7516, Norwegen. — Nr. 11 084, Schweden. — Nr. 48/4117 Österreich. — Nr. 14 716, Ungarn. — Nr. 130 010, Belgien. — Nr. 49 122, Italien. — Nr. 3932, Rußland. — Nr. 17 278, Schweiz. — 1899, Nr. 117 150, Wallot: Trocknen mittelst konzentrierter Lösung solcher Salze, die sich beim Abkühlen ausscheiden und so das Schrumpfen der Zellen hindern. — 1902, Nr. 158 103, Hampel: Eintauchen in geschmolzene Lösung von Metalllegierung mit niedrigem Siedepunkt. — 1908, Nr. 220 454, Basse: Trockenanlage für Fourniere. — 1908, Nr. 228 268, Zihlsdorf: Kochen in Paraffin oder Teeröl. — Nr. 129 003 Strachun: Hohes Vakuum von 0,01 Atm.

VI. Frankreich. — 1829, Nr. 2519, Reybert: Acht Tage in Flußwasser auslaugen. — 1830, Nr. 2736, Duvergnier: Geringes Vakuum durch Kondensation der Abgase. — 1837, Nr. 8610, Mecquenem: Trocknen, wobei die Abgase der Trockenkammer kondensiert werden. — 1841, Nr. 12 044, Maille: Trockenkammer, bei welcher die Luft abgesaugt wird. — 1844, Nr. 168, Tissier: Trocknen in evakuiertem Zylinder. — 1847, Nr. 3001, Gemini: Einhüllen mit Stoffen, die Wasser aufsaugen. — 1856, Nr. 15 514, Barlow: Durchtreiben von Luft, dann Imprägnierlösung und wieder Luft à la Boucherie. — 1856, Nr. 15 520, Trottier: Holz mit einem Ende in Wasser stellen und kochen. — 1863, Nr. 57 520, Blythe: Im Trockenhaus bei 90—100° trocknen. — 1863, Nr. 60 837, Guibert:

In geheizter Kammer. — 1865, Nr. 67089, Idrac: Künstliche Erwärmung. - 1868, Nr. 79797, Bailargé, Aufstreichen von Kalk. — 1870, Nr. 90586, Jamin: Trockenkammer. — 1875, Nr. 109136, Sammel: Im Zylinder bei Hitze und Vakuum. — 1876, Nr. 111420, Andouard: Trocknen durch Rauch. — 1877, Nr. 120408, Robbins: Trocknen durch Rauch. - 1883, Nr. 155453, Sénag: Gemauerte Trockenkammer. — 1883, Nr. 159077, Koch und Herre: wie D.R.P. — 1886, Nr. 179770, Dufour-Charpentier: Trocknen im Zylinder mit Dampfmantel. — 1887, Nr. 181152, Gauvrit: Trockenanlage, Gebäude. — 1898, Nr. 274290, „The Timber Drying Syndicate": Trockenkammeranlage. — 1898, Nr. 277030, Piat: Trockenzylinder auf Rädern. 1906, Nr. 368957, Slipers A. G., Schweden: Eiserner Zylinder mit zwei Mänteln. — Nr. 300877, Strachun: Wie D.R.P.

VII. Großbritannien. — 1825, Longton: Zylinder mit äußerer Hitze. — 1858, Nr. 2566, Clark: Durch Ätzkalk. — 1859, Nr. 1016, Armstrong: Durch direkten Dampf. — 1863, Nr. 186, Bergounioux: Verpacken mit Pottasche. — 1874, Nr. 2508, Mc. Neille: Im Zylinder mit Kohlensäure. — 1876, Nr. 160, Brewer: Wie vor. — 1883, Nr. 5841, Koch und Herre: Vgl. D.R.P. — 1894, Nr. 5664, Zappert (Mexiko): Durch die Trockenkammer gefahren. — 1895, Nr. 20246, Sainte Marie und Hoffmann: Wie D.R.P. — 1896, Nr. 2543, Nichols: Trockenanlage, Gebäude. — 1900, Nr. 4689, Higgins, Trockenkammer, Gebäude.

VIII. Italien. — 9. 12. 1897, Lamblotte. — 1898, Nr. 49122, Petratschek. — 1898, Nr. 47376, Silvestri: Rapidtrockenanlage. — 10. 7. 1899, Corell. — 1903, Nr. 65827, Cattaro: Rapidtrockenanlage. - 1912, Nr. 123963, Besenfelder.

IX. Luxemburg. — 1884, Nr. 353, Koch und Herre. — 1887, Nr. 2540 Polke: Wie Dänemark.

X. Norwegen. 1911, Nr. 21903, Fritsch, London: Holztrocknerei, Gebäude.

XI. Österreich. — 1827, Lafite: Behandlung mit Kalkwasser. — 1832, Galster: Kalkwasser und Salzsäure. — 1880, Nr. 30/1319, Nußbaum: Einlegen einer Mischung von Chlorkalzium und Alaun in den Fußboden. — 1893, Nr. 43/1607, Julius Rütgers: Erwärmen im luftverdünnten Raume. — 1911, Nr. 52973, Grand Rapids Veneerworks: Verfahren beim Trocknen in der Kammer.

XII. Queensland. — 1891, Nr. 1224, Bartholomew: Trockenanlage. — 1891, Nr. 1237, Lahey: Trockenanlage. 1892, Nr. 1938, Shapland: Trockenanlage. — 1892, Nr. 2001, Rieser: Trockenanlage. 1894, Nr. 2507, Meldrum: Trockenanlage.

XIII. Rußland. — 1858, Nr. 600, Schweinitz: Holztrockenkammer. — 1861, Nr. 799, Sirotki: Trocknen durch chemische Stoffe. — 1885, Nr. 3274, Polke und Onken: Wie Dänemark Nr. 1146. — 1896, Nr. 462, Zappert (Mexiko): Wie England 1894, Nr. 5664.

XIV. Schweden. — 1895, Nr. 12623, Sainte Marie und Hoffmann: Wie D.R.P.

XV. Schweiz. — 1896, Nr. 12408, Polke: Wie Dänemark. — 1899, Nr. 18786, Leclerc: Kammer aus Beton mit Dampfschlangen. — 1901, Nr. 24684, Weiß: Trockenanlage mit zwei Kammern. — 1905, Nr. 34505, Société d'Etudes industrielles: Trockenkammer mit doppeltem Boden.

XVI. Spanien. — 1896, Nr. 19091, Polke. — 1900, Nr. 26296, Mateos: Senilisieren und Trocknen.

XVII. Vereinigte Staaten. — 1865, Nr. 49146, Palmer: Trocknen von Brunnenröhren. — 1866, Nr. 58425, Janks: Im Zylinder durch Vakuum und Hitze. — 1870, Nr. 95473, Heinemann: im Zylinder durch Vakuum. — 1870, Nr. 100380, Davy: Zylinderanlage. - 1870, Nr. 102665, Douglas: Erst in Wasser kochen und dann an der freien Luft trocknen lassen. — 1871, Nr. 115446, Davee: Beim Trocknen gegen Reißen in Erde einpacken. — 1871, Nr. 116274, Constant: Trockenanlage. - 1871, Nr. 116969, Lear: In der Längsrichtung Luft hindurchpressen. — 1872, Nr. 124080, Gyles: Saft durch hydraulische Presse auspressen. — 1876, Nr. 174914, Lookwood: Wie vor. — 1879, Nr. 218624,

Grimban: Trocknen im rotierenden Zylinder. — 1880, Nr. 231 783, Flad, Luft durch Holz saugen. — 1881, Nr. 241 407, Noyes: Trockenanlage, Gebäude. — 1888, Nr. 388 102, Wyckhoff: Trockenanlage, Gebäude. — 1888, Nr. 379 145, Wymann: Kleine Holzstücke werden in den eisernen Trockenkasten hineingeschüttet und unten durch eine Klappe abgezogen. — 1890, Nr. 437 731, Stevens: Holztrockenkammer mit Dampfröhren. — 1894, Nr. 675 501, Sainte Marie u. Hoffmann: Wie D.R.P. — 1904, Nr. 763 482, Gray: Im Zylinder mit Hitze und Vakuum behandeln. — 1904, Nr. 772 962, Ripley: Trockenkammer. — 1905, Nr. 803 531, Gröndal: Trocknen in Rauchkammer. — 1905, Nr. 822 481, Roß: Trockenkammer. — 1906, Nr. 829 497, Williams: Dasselbe. — 1906, Nr. 838 427, Lankins: Dasselbe (speziell: Anordnung der Rohre). — 1906, Nr. 839 868, Morey: Dasselbe. — 1907, Nr. 903 635, Uphus: Dasselbe. — 1907, Nr. 922 983, Walker: Dasselbe. — 1911, Nr. 990 246, Fetterman: Trocknen durch Kochen in Paraffinbad.

XVIII. Viktoria. — 1888, Nr. 6358: Rieser: Trockenanlage. — 1890, Nr. 7820, Begg: Trockenanlage. — 1890, Nr. 7915, Rieser: Trockenanlage. — 1890, Nr. 7916, Rieser: Trockenanlage. — 1893, Nr. 10 968, Meldrum: Trockenanlage.

XIX. Westaustralien. — 1889, Nr. 189, Meldrum: Trockenanlage.

5. Vulkanisieren (ohne Einpressen von fremden Stoffen).

I. Belgien. — 1898, Nr. 133 491, Haskin: Tür zum Zylinder.

II. Canada. — 1890, Nr. 34 603, Andrews: Erst hoher Druck und dann Druck nachlassen und die Hitze steigern. — 1892, Nr. 38 238, Howard (wie England 1894): Vakuum — Vakuum und von außen erhitzen — heiße Luft durch Zylinder schicken. — 1893, Nr. 43 488, Haskin: Vulkanisierzylinder. — 1893, Nr. 43 619, Howard: Vulkanisierzylinder. — 1894, Nr. 46 381, Rutherford: Erhitzte Luft durch Zylinder zirkulieren lassen. — 1894, Nr. 52 742, Grumbacher: Erst niedriger Druck und niedrige Temperatur, dann Druck und Temperatur erhöhen. — 1898, Nr. 61 187, Haskin: Deckeltüre. — 1901, Nr. 70 560, Bévrier: wie D.R.P.

III. Dänemark. — 1899, Nr. 2200, Haskin: Deckel.

IV. Deutschland. — 1877, Nr. 2296, Robbins: Holz im Zylinder mit Hitze von 100 Grad und Druck behandeln. — 1898, Nr. 102 644, Haskin: Wie U.S.A. 399 196. — 1900, Nr. 132 435, Grumbacher: Erst hoher Druck und Hitze, dann geringer Druck und Dampf. — 1900, Nr. 136 621, Bévier: Bei 100 Grad trocknen, dann bis 240 Grad unter 7—14 Atm. vulkanisieren, dann imprägnieren mit Teeröl, Harz und 2% Formaldehyd.

V. Frankreich. — 1889, Nr. 196 506, Haskin, Wie U.S.A. 399 196. — 1891, Nr. 218 361, Howard: Wie U.S.A. 465 975. — 1892, Nr. 226 721, Haskin: Vulkanisierzylinder. — 1898, Nr. 274 574, Haskin: wie U.S.A. 399 196. — 1898, Nr. 275 059, Grumbacher: Vgl. England 1898. — 1900, Nr. 300 877, Bévier: Wie D.R.P. — 1905, Nr. 350 839, Montravel: Vulkanisieranlage.

VI. Großbritannien. — 1876, Nr. 357, Clark: Mit Gasen erhitzen. — 1889, Nr. 3875, Haskin: Wie U.S.A. 399 196. — 1891, Nr. 22 692, Howard: Vulkanisierzylinder. — 1892, Nr. 23 866, Haskin: Abänderung des Patents von 1889, Nr. 3875. — 1893, Nr. 10 979, Grumbacher: Wie U.S.A. 537 393. — 1894, Nr. 15 231, Howard: Vakuum — Hitze durch Dampf — heiße Luft einpressen. — 1894, Nr. 20 574, Grumbacher: Trockene Hitze bis 120 Grad, hoher Druck und hohe Temperatur (bis 10 Atm. und 250 Grad) — heiße Luft. — 1898, Nr. 3900, Grumbacher: Vakuum von 40 bis 60 Grad, trockene Hitze 130 bis 170 Grad und Druck; Temperatur bis 200 Grad erhöhen; Abkühlen. — 1898, Nr. 5384, Haddan: Möbelholz vulkanisieren und dann kreuzweise verleimen. — 1900, Nr. 10 297, Bévier: wie D.R.P. — 1903, Nr. 19 760, Cleghorn: Holz im Zylinder auf 140 Grad erhitzen. — 1911, Nr. 21 818, Mathys: Evakuieren — Vakuum und Hitze — Dämpfen, Druck und Hitze.

VII. Italien. — 1889, Nr. 25 004, Haskin: Vulkanisieren. — Ebenso: 1890, Nr. 27 183. — 1891, Nr. 29 377. — 1892, Nr. 31 582. — 1893, Nr. 33 804. — 1894, Nr. 36 068. — 1895, Nr. 38 516. — 1896, Nr. 41 091. — 1897, 44 198. — 1898,

Nr. 47447. — 1899, Nr. 51110. — 1900, Nr. 54719. — 1893, Nr. 33241, Haskin: Vulkanisierzylinder-Konstruktion. — Ebenso: 1899, Nr. 50241. — 1900, Nr. 54142. — 1901, Nr. 58176. — 1898, Nr. 47098, Haskin: Zylinderkonstruktionen. — Ebenso: 1899, Nr. 51109. — 1900, Nr. 54974. — 1893, Nr. ....., Grumbacher: Vulkanisieren. — Ebenso: 1894 vom 5. 12. — 1896, vom 9. 1. — 1897, vom 26. 1. — 1897, vom 29. 12. — 1897, Nr. 44032, Bianchi: Vulkanisieren: Erst Vakuum, dann Hitze und Druck. — Ebenso: 1900, Nr. 55107.

VIII. Norwegen. — 1889, Nr. 1424, Haskin: wie U.S.A. 399196. — 1892, Nr. 2967, Haskin: Verbesserungen. — 1896, Nr. 4437, Grumbacher: Vulkanisieren bei 10 Atm. und 225 Grad. — 1896, Nr. 6474, Haskin: Deckel.

IX. Österreich. 1889, Priv. Nr. 39/1877, Haskin: Trockene Luft erhitzen — Hitze und Druck steigern — kalte Luft einpressen — Druck nachlassen. — 1891, Nr. 41/1093, Haskin: Wie vor. — 1894, Nr. 44/2394, Haskin: Neuerungen am Zylinder, wodurch die heiße Luft im Zylinder zirkulieren kann. — 1894, Nr. 44/4875, Wiersch-Grumbacher: Unter Druck Kohlensäure - heiße Luft von 250 Grad oder Sauerstoff. 1898, Nr. 48/3149, Haskin: Apparat. — 1898, Nr. 48/4081, Grumbacher: Auf 40 bis 60 Grad erwärmen — Vakuum — Gas oder Flüssigkeit einlassen — Druck und Temperatur bis 170 Grad steigern.

X. Portugal. — 1901, Nr. 2734, Haskin: Apparat.

XI. Queensland. — 1893, Nr. 2304, Haskin. — 1898, Nr. 4331, Haskin.

XII. Schweiz. — 1892, Nr. 6090, Haskin: Vulkanisieren. — 1893, Nr. 6941, Grumbacher: Vulkanisieren mit Gasen. — 1894, Nr. 9515, Grumbacher: Erst entwässern, dann vulkanisieren. — 1898, Nr. 16036, Haskin: Tür zum Zylinder.

XIII. Spanien. — 1899, Nr. 9338, Haskin.

XIV. Ungarn. — 1898, Nr. 11714, Grumbacher.

XV. Vereinigte Staaten. — 1879, Nr. 217022, Robbin und Haskin: Trockene Hitze und Strom trockener, heißer Luft — nasser Wasserdampf — Druck und Hitze stark erhöhen. - 1889, Nr. 399196, Haskin: Erhitzte Luft bei niedrigem Druck, dann Dampf niederschlagen durch Kühle und zuletzt hoch erhitzen bei hohem Druck. — 1890, Nr. 430055, Andrews: So hoher Druck mit Gasen, daß der Saft des Holzes kocht; Druck dann weiter erhöhen und den Saft vulkanisieren. — 1891, Nr. 446500, Witherow: Vulkanisierzylinder. — 1891, Nr. 446501, Witherow: Abänderung des vorigen Patentes. — 1891, Nr. 465975, Howard: Kaltes Vakuum — Vakuum mit Hitze von außen. — 1894, Nr. 520565, Howard: Anordnung des Zylinders. — 1894, Nr. 520597, Howard: Hitzerohre. — 1894, Nr. 537393, Myers: Vulkanisieren mit kohlensäurehaltiger Luft. — 1897, Nr. 566591, Lloyd: Vulkanisieren mit ruhendem Dampf von 150 bis 250 Grad. - 1899, Nr. 651529, Haskin: Deckel zum Vulkanisierzylinder. — 1900, Nr. 707224, Bévier: Wie D.R.P. — 1904, Nr. 825819, Geibel: Unter Druck mit Dampf behandeln. - 1907, Nr. 900017, Howard: Vakuum — Dampf — trockene Hitze — Abkühlen im Vakuum. — 1911, Nr. 1004168, Howard: Vakuum — Vakuum und Hitze — nasse Hitze bis 130 Grad — Temperatur weiter erhöhen bis 200 Grad von außen, ohne weitere Dampfzufuhr. — 1912, Nr. 1021676, Howard: Erst von den löslichen Teilen befreien und dann vulkanisieren.

XVI. Viktoria. — 1893, Nr. 10323, Haskin.

XVII. Westaustralien. — 1893, Nr. 401, Haskin. — 1898, Nr. 2001, Haskin.

6. Komprimieren des Holzes.

I. Belgien. — 1879, Nr. 38723, Lokwood. — 1896, Nr. 121393, Polke. — 1903, Nr. 170539, Classen: Holz erst mit Säure tränken, dann hydraulisch pressen.

II. Canada. — 1907, Nr. 62895, Lebioda.

III. Dänemark. — 1897, Nr. 1146, Polke.

IV. Großbritannien. — 1856, Nr. 556, Billinton: Pressen. — 1856, Nr. 806, Billinton: Pressen. — 1856, Nr. 2556, Ferguson: Schiffbauhölzer durch heiße Walzen schicken. — 1860, Nr. 668, Wright: Trocknen, Dämpfen, Vakuum, Lösung einpressen, Holz in Presse formen. — 1876, Nr. 4897, Armstrong: Pflasterholz komprimieren in hydraulischer Presse. — 1896, Nr. 5973, Pont:

Bei 120 bis 150 Grad in hydraulischer Presse komprimieren und dann plötzlich abkühlen. — 1896, Nr. 30 055, Lebioda: Holz über Siebplatte hydraulisch pressen. — Ebenso: Belgien Nr. 129 365. — Frankreich 14. 11. 1896. — 1897, Nr. 2085, Stone (U.S.A.): Erst mit Öl sättigen, dann bei Hitze hydraulisch pressen und plötzlich abkühlen. — 1897, Nr. 6506, Pickles: Holz komprimieren. — 1897, Nr. 13 821, Lebioda. — 1898, Nr. 24 021, Cormack: Möbelholz pressen.

V. Luxemburg. — 1887, Nr. 3541, Polke.

VI. Rußland. — 1885, Nr. 3274, Onken und Polke: Schnelltrocknerei mit Presse.

VII. Schweiz. — 1896, Nr. 12408, Polke: Wie vor. — 1907, Nr. 17675, Lebioda.

VIII. Spanien. — 1896, Nr. 19092, Polke.

IX. Vereinigte Staaten. — 1868, Nr. 77 777, Spaulding: Holz in Längsrichtung pressen. — 1871, Nr. 112136, Towler: Holz pressen und imprägnieren. — 1872, Nr. 128307, Gyles: Das Holz in Presse vom Saft befreien. — 1876, Nr. 174914, Lockwood: Leimlösung einpressen und dann hydraulisch pressen. — 1897, Nr. 575973, Mc. Lachlan: Erst mit Öl sättigen, dann bei Hitze hydraulisch pressen und plötzlich abkühlen. — 1897, Nr. 625 042, Lebioda. — 1899, Nr. 638 477, Scheid: Komprimieren durch Hindurchpressen durch eine sich verengernde Röhre. — 1908, Nr. 920 396, Scheid: Holz hydraulisch komprimieren.

7. Ankohlen des Holzes.

I. Belgien. — 1864, Nr. 17061, Hugon. — 1864, Nr. 15957, Lapparent. — 1862, Nr. 12265: Lapparent.

II. Frankreich. — 1864, vom 8. 1., Lapparent. — 1864, Nr. 67 760, Cavagna: Mit Teer bestreichen und dann ankohlen. — 1875, Nr. 107 384, Schoeller: Schwellen ankohlen.

III. Großbritannien. — 1861, Nr. 68, Longmaid: Erhitzen in Sägemehl; Nachbehandlung mit Schwefelsäure. — 1862, Nr. 328, Lapparent: Karbonisieren durch Gasflamme. — 1863, Nr. 348, Lapparent: Das Gas soll unter Druck stehen.

IV. Italien. 30. 12. 1864, Hugon. — 30. 9. 1862, Lapparent.

V. Niederlande. — 28. 1. 1863, Gardissal: Gasflammen. — 18. 11. 1864, Hugon. — 9. 7. 1864, Zwijnsberger.

VI. Österreich. — 11. 1. 1856, Hugon. — 1863, Lapparent. — 1864, Nomaison.

VII. Rußland. — 1864, Nr. 956, Lapparent: Ankohlen mit Gas.

VIII. Spanien. — 1862, Nr. 62: Lapparent.

IX. Vereinigte Staaten. — 1862, Nr. 35 811, Lapparent: Holz mit Gas ankohlen. — 1874, Nr. 153515, Archer: Holzoberfläche ankohlen, die Narben mit Sand ausfüllen und Teeranstrich. — 1885, Nr. 317122, Hansen: Holz vor dem Anstreichen ankohlen. 1902, Nr. 705213, Daube: Karbonisieren. — 1911, Nr. 992256, Roberts: Die Oberfläche teilweise verkohlen und dann die Poren anfüllen mit schützenden Stoffen.

8. Anstriche.

I. Argentinien. — 1907, Nr. 4625, Dunnet: Petroleum, Asphalt und Holzessig.

II. Baden. — 1877, Nr. 88, Werner. — 1874, Nr. 297, Werner.

III. Bayern. — 1871, Nr. 81, Vivien: Vgl. Frankreich 91248. — 1872, Nr. 184, Haumann.

IV. Belgien. — 1840, Nr. 1347, Dealba. — 1846, Nr. 3372 und Nr. 3376, Grénon: Teer, Bleiglätte, Leinöl, Schwefel. — 1846, Nr. 3384, Meara. — 1847, Nr. 3416, Ador: Wie Frankreich 2447. — 1847, Nr. 3422, Smeth. — 1854, Nr. 6875, Sauter. — 1858, 26. VIII, Anger und Langlois. — 1864, Nr. 15811, Roux: Wie Frankreich 62091. — 1863, Nr. 14722, Chaumont. — 1866, Nr. 19951, Brion: Wie Großbritannien 394. — 1868, Nr. 24260, Tschepelersky.

— 1869, Nr. 26424, Sales Fils. — 1869, Nr. 26437, Borgnet: Wie Großbritannien 1243. — 1870, Nr. 27847, Matthews: Für Tonnen. — 1871, Nr. 29483, Vivien: Wie Frankreich 91248. — 1872, Nr. 30277, Thompson & Jesty: Schiffsbodenanstrich. — 1876, Nr. 39005, Van Speybrouk: Gasteer, Kautschuk, Zement und Lackstoff. — 1876, Nr. 39889, Möller: Wie Frankreich 96579. — 1877, Nr. 41282, Berns und Finet: Teer, Bleiazetat, Wasser, Ton, Beinschwarz, Holzteer, Ammoniak. — 1880, Nr. 51522, Rheinhold und Dracke: Kopal in Äther. — 1880, Nr. 52274, Meyer: Kollodium. — 1884, Nr. 63893, Bierhorst: Asphalt. — 1884, Nr. 66699, Bierhorst: Drahtgewebe mit Asphalt. — 1884, Nr. 66903, Hautrive: Sikkativ, Firnis, Bitumen, Teer, Kautschuk und Graphit. — 1887, Nr. 78692, Molineux: Gummiarabikum, Glyzerin, Eisenpulver, Zement, Bleiglätte, Lack, Alkohol, Eisenpulver. — 1888, Nr. 79473, Church: Gips in Leim und dann Firnis. — 1891, Nr. 94510, Chesebrough: Ozokerit. — 1903, Nr. 173065, Reichel: Vgl. Großbritannien 21578. — 1906, Nr. 190091, Jakobs: Teer, Kreide und Arsenik. — 1909, Nr. 214589, Meehan: Vgl. Frankreich 400201. — 1910, Nr. 227091, Carron: Vgl. Frankreich 417917. — 1910, Nr. 230117, Monseur: Öl oder Fett mit Vitriol. — — 1911, Nr. 233271, Sucher: Teer, Wasserglas und Zellulose.

V. Britisch Indien. — 1870, Nr. 478, Forbes: Faulen, Termiten.

VI. Canada. — 1874, Nr. 3786, Sperham: Asbest, Bleiglätte, Seifenstein, Teer oder Petrolöl und Bitumen. — 1892, Nr. 41428, Cheseborough: Wie Belgien 94510. — 1893, Nr. 41828, Keon: 1. Eisensulfatlösung, 2. Harz, Blei, Glaspulver und Marmorpulver, Gummi, Teer, Leinöl, Bleizucker. 3. Bleiglätte, Ziegelmehl, Hammerschlag, Quarz und Bitumen. — 1899, Nr. 65391, Gold: Vgl. U.S.A. 686282. — 1901, Nr. 72388, Schallberger: Wie U.S.A. 675501. — 1902, Nr. 75195, Schallberger: Wie U-S.A. 714521. — 1903, Nr. 83654, Gander: Wie U.S.A. 736838. — 1907, Nr. 102885, Chevigny: Kohlenteer, Pottasche, Kupfervitriol, Kochsalz, Wasser. — 1908, Nr. 112616, Percival: Rohpetroleum, schweres Teeröl, Naphthalin, Kochsalz, Eisenoxyd, Harz.

VII. Dänemark. — 1900, Nr. 3472, Gärtner-Nielsen: Wie Österreich 3349. — 1904, Nr. 7050, Nielsen: Gemisch von gelöschtem und ungelöschtem Kalk. — 1908, Nr. 11527, Norw. Galoschen- und Gummiwaren-Ges.: Gummiüberzug.

VIII. Deutschland. — 1877, Nr. 378, Zerener: Wasserglas und Kieselgur. — 1880, Nr. 16727, Bavink: Terpentin, Harz und Sägemehl. — 1882, Nr. 18308, Rodyk: Kupfer in chinesischem Firnis. — 1883, Nr. 19298, Gehring: Paraffin, Wachs, palmitinsaure Tonerde. — 1892, Nr. 65239, Jeserich: Teer, Goudron und Schwefel. — 1892, Nr. 72801, Schroeder: Kasein, Wasserglas und Farbezusatz. — 1897, Nr. 101409, Hansel: Albumin oder Kleber mit Kautschuk oder Guttapercha. — 1902, Nr. 139935, Hübsch und Avenarius: Öl durch Sprühdüsen aufspritzen. — 1899, Nr. 143472, Schrader: Farbe mit Verbindung von Saponin und Metall. — 1901, Nr. 148794, Raupenstrauch: Phenolalkaliseifenlösung mit Metallsalz. — 1901, Nr. 148795, Raupenstrauch: Statt der Phenole andere Kohlenwasserstoffe. — 1901, Nr. 158080, Reichel: Wie Großbritannien 21578. — 1906, Nr. 202178, Heim: Vgl. Frankreich 368189. — 1907, Nr. 206626, Chem. Fabr. Leopoldshall: Asbest mit Chlormagnesiumlauge.

IX. Finnland. — 1910, Nr. 4160, Sahlin: Vgl. Schweden 29010. — 1911, Nr. 9287, Heyerdahl: Vgl. Norwegen 20279.

X. Frankreich. — 1846, Nr. 2447, Ador: Wasserglas, Asbest, Glimmer, Baryth, Kalk, Bleisulfat usw. — 1846, Nr. 2831, Wettenstedt: Leinöl mit Bleiglätte und Pulver von Kupfer oder Antimon. — 1851, Nr. 5680, Green (engl. Patent vom 16. X. 1850): Teer, Harz und Eisenvitriol. — 1852, Nr. 7495, Bayot-Boissage: Leinöl, Mangan, Bleiglätte, Grünspan, Judenpech, Bleimennige, Ceresin und roter Ocker. — 1855, Nr. 13332, Bonnet: Wasserbeständige Gelatine. — 1861, Nr. 51296, Bontron: Zement. — 1863, Nr. 59437, Chaumont. — 1864, Nr. 62091, Roux: Bariumsulfat, Schwefel und Wachs. — 1869, Nr. 87529, Borgnet: Vgl. Großbritannien 1243. — 1872, Nr. 91248, Vivien: Kolophonium in Schwefelkohlenstoff. — 1872, Nr. 96579, Moller: Gasteer, Mergel, Bleichlorid, Alaun und Ammonsulfat. — 1869, Nr. 86354, Sales: Vgl. Belgien 26424. — 1872, Nr. 96956, Dive: Teer mit Harzöl. — 1879, Nr. 133423,

Castaing: Pulver von Steinkohle, Asche, Staub, Gips, Spanisch Weiß, Teer, Braunkohlenteer, Pech und Harz. — 1899, Nr. 286367, Willner: Gelatine mit Formaldehyd. — 1902, Nr. 318393, Inif: Asphalt, Bitumen, Teer und Kalk. — 1902, Nr. 335181, Reichel: Vgl. Großbritannien 21578. — 1906, Nr. 367224, Lorrach: Vgl. Großbritannien 5051. — 1907, Nr. 368189, Heim: Leim und Kaliumbichromat. — 1909, Nr. 400201, Meehan (U.S.A.): Überzug mit undurchdringbarer Masse. — 1909, Nr. 413387, Sucher: Wie Belgien 233271. — 1908, Nr. 417917, Carron: Wasserglas, Ätznatron, Salz, Leim, Wasser und Teer. — 1909, Nr. 420751, Hache: Grünspan.

XI. Großbritannien. — 1754, Nr. 690, Lewis: Kienöl von Pitchpine. — 1772, Nr. 1015, Baron Christian von Haake: Mineralteer und Mineralölgemisch. — 1782, Nr. 1329, Saunders: Rückstand von Stockholmer Teer. — 1814, Nr. 3780, Brahmah: Romanzementmilch oder Zement in Leinöl. — 1818, Wolf Benjamin: Gekochtes Leinöl mit gebrannter Umbra, Bleizucker, weißem Vitriol und Bleiweiß. - 1823, Oxford: Durch Chlor gereinigter Teer mit weißem Blei oder Bleimennige, Kalziumkarbonat und Retortenkohle. — 1838, Nr. 7839, Newton: Bitumen mit Terpentin, Mineralöl und Kalk. — 1840, Holdsworth: Bitumen mit Petroleum oder Kohleteer mit Pech oder Terpentin mit Harz und Talg. — 1852, Nr. 1194, Cook: Gummiarabikum, Schellack, Bleimennige, Zinkoxyd und Grünspan in Spiritus. - 1855, Nr. 2931, Cook: Schellack mit Spiritus. — 1856, Nr. ? Oudry: Ölfarbe und darüber Metallhaut. — 1856, Nr. 607, Bérard: Kollodium mit Rizinusöl oder Fett. — 1856, Nr. 1799, Sievier: Harz, Pech mit Metallsalzen. — 1858, Nr. 781, Mc. Crae: Knochenfett mit Kupfervitriol. — 1860, Nr. 2303, Smith: Pech, Teer, Harz, Asa foetida und darüber Papier. — 1860, Nr. 1142, Kemps: Torfteer, Torföl, Holzteer, Schwefelsäure, Methylalkohol, vegetabilische Naphtha, Arsenik, Eisensulfat, Harz. — 1862, Nr. 735, Lever: Ungelöschter Kalk, Leim, Schlemmkreide, Ammonsulfat und Alaun in Wasser. — 1862, Nr. 1642, Veye: Leinöl mit Gaskohle. — 1863, Nr. 910, Smith: Öl mit Lösung von Salpeter oder Soda. — 1863, Nr. 1015: Daimes: Tiergalle, Kalkwasser, Wasser, in dem Kartoffeln gekocht worden sind. — 1863, Nr. 1799 Broomann: Bitumen, Teer, Fichtenharz in flüssigem Kohlenwasserstoff. — 1863, Nr. 2065, Spencer: Benzol, Eupion oder Petroleum mit Harz oder Gummi. — 1863, Nr. 2214, Lillie und White: Schwefel und Quarz. — 1864, Nr. 66, Gibbins: Ton, Zinkoxyd, Kopallack, Gummi, Wachs, Palmöl und Talg. — 1864, Nr. 2137, Stenhause: Paraffin, Wachs oder Stearin in Leinöl, Nußöl, Hanföl oder anderem trocknendem Öl. — 1864, Nr. 2645, Dannat: Harz, Talg, und Sublimat. — 1864, Nr. 3084, Broomann: Natriumsilikat und Mineraloxyd. — 1866, Nr. 315, Broomann: Fichtenharz (Galipot), Harz, Terpentin, Antimon und Kupfervitriol. — 1866, Nr. 394 de Brion: Vulkanisierter Gummi oder Pech oder Harz mit Schwefelkohlenstoff. — 1866, Nr. 1078, Broomann: Fichtenharz, Terpentin, Harz und Schwefelkupfer. — 1866, Nr. 1805, Newton: Asphalt, Naphtha, schweres Öl, Kupfervitriol, Kreosot und weißer Arsenik. — 1866, Nr. 1937, Newton für Jenks: Kautschuk mit Paraffin. — 1866, Nr. 2540, Hope: Trimidadasphalt mit Leinöl. — 1866, Nr. 3130, Clark für Machabée & Riviere: Pech, Wachs, Gummilack und Bitumen. — 1867, Nr. 657, Turner: Harz, Gummi, Kopal, Mastix, Schellack mit Metalloxyden. — 1867, Nr. 814, Murchison: Rückstand von Baumwollenöl mit Kohlenwasserstoff (Petroleum, Terpentin). — 1867, Nr. 1113, Alexander: Verfahren beim Mischen von Anstrichen. — 1867, Nr. 2848, Blackhurst: Pech, Erdöl mit Teer. — 1869, Nr. 1243, Borgnet: Gummi, Aloe und Zinkoxyd. — 1869, Nr. 2543, Gedge: Ankohlen und Anstrich mit Pech, Holzkohlenpulver, Sand, Kalk oder Zement. — 1870, Nr. 986, Thomas Anquetil: Ölsäure oder Stearinsäure. — 1871, Nr. 1522, Griffiths: Eisenoxyd, Harz, Erdöl und Alkohol oder Wachs. — 1871, Nr. 2159, Lacke für Tripler: Asphalt, Schwefel, Teer, Arsenik und Kohlepulver. — 1871, Nr. 2484, Furlong: Leim mit Gerbsäure oder Teer oder Kieselsäure. — 1872, Nr. 1330, Finlay: Teer oder Pech mit Asphalt. — 1872, Nr. 2093, Casbay: Kreosol oder Karbol mit Pech, Harz, Farbe, Metallgiften. — 1872, Nr. 2097, Hill: Gummi oder Teer mit löslichen Silikaten. — 1872, Nr. 3067, Morgan & Brown für Möller: Gasteer, Mergel, Bleiazetat, Alaun und Ammoniumsulfat. — 1873, Nr. 495, Nangle: Kohlenteer, Harz, Gips, Bleimennige, Farbe und Benzol.

— 1873, Nr. 1382, Hockley: Paraffin und Gummiharz. — 1873, Nr. 1434, Lyttle: Teeröl, Erdöl mit Pech, Harz und Schwefel. — 1873, Nr. 1968, Henson: Öl und Holzkohlepulver. — 1873, Nr. 2116, Robbins: Zement oder Ton mit Fetten. — 1874, Nr. 2248, Burrell: Zinnober, Harz, Kalk, Arsen, Öl, Petroleum und Bleimennige. — 1876, Nr. 3623, Harrison: Ozokerit in Öl und Farbe. — 1876, Nr. 3734, Henry (Paris): Öl mit Wasser und Zink, Baryt und Schlemmkreide. — 1877, Nr. 1188, Batchelor: Mineralpech in Schwefelkohlenstoff. — 1877, Nr. 3126, Russel: Überzug mit Zement. — 1877, Nr. 3528, Phillips: Leinöl mit Pulver von Eichenholz. — 1879, Nr. 2706, Spence: Schwefel mit Metallsulfiden. — 1879, Nr. 4059, Woodhouse: Russischer Talg, Schweineschmalz, Rizinusöl, Kampfer, Palmöl und Farbe. — 1879, Nr. 5134, Bayless: 1. Paraffin, Petroleum, 2. Karbolsäure. — 1880, Nr. 770, Hannay: Erdöl, Kolophonium, Terpentin, Leinöl. — 1880, Nr. 1112, Reynolds: Schwefelblei. — 1880, Nr. 1853, Jennsen für Erichson: Kaliwasserglas mit Zink, Baryt, Kalk und Farbe. — 1880, Nr. 5290, Mills: Pech, Teer, Erdöl, Schwefel und Harz. — 1881, Nr. 144, Lake für Lamb: Talg, Speck oder Wachs in Kohlenwasserstoff (Erdöl, Benzol). — 1881, Nr. 173, Lake für Lamb: Wie vor. — 1881, Nr. 4731, Johnson für Kramer: Teer mit Sägespänen. — 1882, Nr. 4423, Lake für Buzolich: Öl, Salzsäure, Phosphorsäure und Schellack. — 1884, Nr. 5996, Andrews: Leinöl, Bleiglätte, Sublimat, Bitumen und Terpentin. — 1885, Nr. 1604, Peake (U.S.A.): Petroleumrückstände in Schwefelkohlenstoff. — 1885, Nr. 3894, Kingszett: Harz oder Terpentin in Alkohol mit Ätzkali. — 1885, Nr. 5359, Lake: Teer mit Aluminiumsalz und Harz oder Pech. — 1885, Nr. 7498, Lacke: Kreosot, Kohlenteer, Terpentin, Graphit, Wasser. — 1885, Nr. 9419, Harrison: Pech, Sand, Schiefer. — 1885, Nr. 10409, Gardner für Lublinsky und Schwarz: Leinöl, Kolophonium, Petroleum, Bleiglätte, weißer Vitriol, Pottasche, Alaun und Karbolsäure. — 1885, Nr. 11529, Dieselben: Teer, Eisenoxyd und Bleizucker. — 1886, Nr. 11543, Carr: Harz, Schwefelkohlenstoff, Erdöl und Kalk. — 1886, Nr. 6085, Lake: Kautschuk. — 1886, Nr. 6688, Dalmas: Kohlenstaub in Öl oder Pech. — 1887, Nr. 885, Freedman: Gelatine und Chromsalz. — 1887, Nr. 5532, Edwards für Jeger: Gepulvertes Moos. — 1887, Nr. 8024, Stevenson: Harzöl, Stockholmer Teer. — 1888, Nr. 12964, Murchison: Arsenik, Kupfervitriol, Ätznatron, Salpeter, Schwefel, Salammonia. — 1889, Nr. 13749, Aitken: Hygroskopische Stoffe. — 1889, Nr. 17961, Tell: Asphalt, Teer, ungelöschter Kalk und Sand. — 1891, Nr. 6389, Chesebrough: U.S.A.: Ozokerit. — 1881, Nr. 11391, Selling: Kohlenteer, Schwefelsäure, Gips und Antiseptika, Farben usw. — 1892, Nr. 12049, Culling: Teer mit Filz oder Werg. — 1893, Nr. 17514, Smith: Asphalt, Pechöl, Borsäure, Antiseptika. — 1894, Nr. 17486, Matthews: (U.S.A.): Kohlenteer, Harz, Holzteer und Kampfergummi, Talg, Schwefel, Karbolsäure, Arsenik, Phosphor, Borax, Rhodiumöl. — 1896, Nr. 4685: Owen & Thatcher (Neuseeland): Schwellen mit Arsenik und Karbolsäure begießen. — 1896, Nr. 4709, Simpson: Ammoniakalische Schellacklösung, Alaun, Kaliumchlorat, Ätznatron, Ton und Bleiweiß. — 1896, Nr. 12693, Bennet: Nitrozellulose in Azetonäther oder Alkohol. — 1897, Nr. 24777, Nichol (U.S.A.): Schwellen mit Petroleum begießen. — 1897, Nr. 30916, Thompson für Rudolf: Paraffin, Stearin, Palmitin mit Wachs. — 1899, Nr. 6377, Weber: Kohlenwasserstoff wie Wachs, Paraffin, Ozokerit usw. — 1899, Nr. 5043, Willner: Formaldehyd und Gelatine oder Kaliumbichromat, Asbest und Leim. — 1901, Nr. 9691, Stalker: Roher Holzgeist, Karbolsäure, Ätzkali oder Soda. — 1903, Nr. 21578, Reichel: Gelöschter Kalk, Tannin. — 1903, Nr. 23786, Gare: Vulkanisierter Gummi und Harz in Leinöl. — 1905, Nr. 6362, Couderc: Gummilack und Kolophonium in Methylalkohol. — 1907, Nr. 12556, Dugour: Schwefeläther, Kolophonium, Spiritus, Benzin, Guttapercha, Glyzerin. — 1907, Nr. 16150, Heim: Wie Frankreich 368189. — 1908, Nr. 5051, Lorrach: Gips, Harz, Teer und Kolophonium in Benzin. — 1910, Nr. 15713, Sucher: Kienteer mit Sägespänen, Natriumkarbonat, Pottasche, Wasserglas und Salpetersäure.

XII. Japan. — 1904, Nr. 7525, Tatara: Leimstoff mit Kaliumbichromat, Antiseptikum und Feuerschutzsalz. — 1905, Nr. 9742, Reichel: Kasein mit Gerbsäure.

XIII. Italien. — 1871, Vivien: Vgl. Frankreich 91248. — 3. 3. 1881, Rossi:

Anstrich. — 1906, Nr. 78525, Reichel: Vgl. Großbritannien 21578. — 1907, Nr. 90103, Heim: Vgl. Frankreich 368189. — 1907, Nr. 93771, Lorrach: Vgl. Großbritannien 5051. — 1908, Nr. 94277, Lorrach: Vgl. Großbritannien 5051.

XIV. Luxemburg. — 1903, Nr. 5293, Reichel: Wie Großbritannien 21578.

XV. Neusüdwales. — 1870, Nr. 207, Robbins: Vgl. Großbritannien 2116.

XVI. Norwegen. — 1905, Nr. 15409, Reichel: Vgl. Großbritannien 21578. — 1907, Nr. 16888, Torkildsen: Zement, Kalk und Pottasche. — 1910, Nr. 20279, Heyerdahl: Pech, Terpentin, Benzin, Wachs und Leinöl.

XVII. Österreich. — 1827, Römer: Lederabfälle mit Rückstand der Chlorfabrikation. — 1827, Hecker: Holzessig oder brenzliches Öl. — 1854, Nr. 2540, Felbermeyer: Leinöl, Guttapercha, Kienruß, Minium. — 1855, Nr. 2445, König: Teeröl, Alkohol und Teer. — 1856, vom 21. X., Götz: Anstrich. — 1857, Nr. 3766, Zwilling, Gummi elast., Terpentin, Paraffin. — 5. VI. 1856, Hemberger. — 1859, 23. 1., Braubach. — 1872, Nr. X. 157, Vivien: Vgl. Frankreich 91248. — 1874, Nr. 24/197 (V/651), Wilkison: Bleiweiß, Pech, Lack, Schellack, Talg, Naphtha. — 1876, Nr. 26/638 (VIII 319), König: 1. Gips oder Borax und Bittersalz, 2. Leimwasser und Ton. — 1883, Nr. 33/337, Huber. — 1883, Priv. 33/1472, Pizzoli: Fitolattina. — 1883, Nr. 53/1512, Mathes: Portlandzement, Wienerweiß, Farbe. — 1884, Nr. 34/107, Pach und Storch: Alkohol, Oleinsäure und Alaun. — 1886, Nr. 557, Leiter: Kautschuk und Schwefel. — 1887, Nr. 47/2704, Lambrecht: Blauöl, Harz und Petroleum. — 1888, Nr. 38/195, Ritter: Schweröle, Kreosot, Leichtöle. — 1889, Nr. 39274, Kaluschke: Soda, schwefelsaures Ammoniak, Borax, Melasse, Ton. — 1889, Nr. 39499, Avenarius: Wie D.R.P. — 1889, Nr. 391420, Lambrecht: Borax, Salmiakgeist, Spiritus und Schellack. — 1891, Nr. 41/2254 Greenfield, Trumann und Nagel: Petroleumpech. — 1897, Nr. 47/2085, Rosenbaum: Mineralöl, Anilin, ätherische Essigsäure, Ameisensäure, Brombeerensirup, reine Karbolsäure und italienisches Petroleum. — 1898, Nr. 47/3242, Jekeli und Maasz: Carnaubawachs, Unschlitt und fettlösliche Farben. — 1898, Nr. 48/1997, Kohn: Bleischlacke. — 1898, Nr. 48/2561, Weinberger: Teeröl von Torf. — 1900, Nr. 3349, Nielsen: Kohlenteer, Muschelkalk, Roggenmehl, Lehm und Kuhdünger. — 1910, Nr. 46958, Graf: Kienholzöl, Leinöl oder Harzöl, Harz und Sikkativ.

XVIII. Portugal. — Nr. 5125, Reichel: Vgl. Großbritannien 21578.

XIX. Queensland. — 1888, Nr. 479, Murchison: Vgl. Großbritannien 12964. — 1889, Nr. 664, Murchison: Vgl. Großbritannien 12964. — 1889, Nr. 759, John Smith: Vgl. Großbritannien 17514. — 1899, Nr. 4850, Croß, Overard und Wilcox. — 1899, Nr. 4864, Croß, Wilcox und Overard.

XX. Rußland. — 1858, Nr. 589, Koniar. — 1864, Donkin & Ransom: Steinartige Masse. — 1893, Nr. 34, Schiller: Asphalt, Seife, Erdölrückstände, Bleioxyd und Stearin.

XXI. Schweden. — 1885, Nr. 66, Bomann: Eisenvitriol, Kochsalz, Borsäure, Borax, Natriumarseniat, Roggenmehl und Wasser. — 1895, Nr. 6876, Wingaard: Ozonisiertes Terpentinöl, Kautschuk. Benzin, Mastix, Paraffin, gepulverte Austernschalen. — 1871, Nr. 117, Vivien: Vgl. Frankreich 91248. — 1856, vom 7. VIII., Forsellius: Gegen den Bohrwurm. — 1897, Nr. 8493, Rahlmann: Zinkweiß, Flußspat, Kreide, Wasserglas, Kieselsäurelösung und Austernschalenpulver. — 1906, Nr. 20824, Reichel: Wie Großbritannien 21578. — 1910, Nr. 29010, Sahlin: Holzteer, Paraffin, Wachs, Talg und Fischtran oder Leinöl. — 1911, Nr. 31323, Heyerdahl: Vgl. Norwegen 20279.

XXII. Schweiz. — 1911, Nr. 55995, Sucher: Wie Belgien 233271.

XXIII. Ungarn. — 1892, XXI., Nr. 2541, Lambrecht: Vgl. Österreich 47/2704. — 1900, Nr. 19096, Nielsen: Vgl. Österreich 3349. — 1901, Nr. 23231, Elsner: Gips, Harz, Talg, Eisenfeilspäne. — 1905, Nr. 34272, Reichel: Vgl. Großbritannien 21578. — 1909, Nr. 45708, Posch: Sublimat, Salpeter, Kochsalz oder Salizylsäure und Ocker oder Sandpulver. — 1910, Nr. 49387, Deutsch: Erst Dämpfen, dann Anstrich. — 1911, Nr. 51166, Posch: Phenol, Kresol, Zinksalz. — 1911, Nr. 52395, Deutsch: Warmes Holz streichen.

XXIV. Vereinigte Staaten. — 1800, Constant. — 1814, Nikolas. — 1818, Ronaldson. — 1837, Flockton: Teer mit Eisenoxyd. — 1865, Nr. 46873, Brandenburg: Leinöl mit Manganoxyd, Graphit, Zement und Gips. — 1867,

Nr. 62334, Holmes: Teer, Kalk, hydraulischer Kalk, Mineralfarbe und Sand. — 1867, Nr. 63087, Pelletier: Faser, Seifenstein, Sodasilikat, Bleimennige, Bleiglätte. — 1867, Nr. 63300, Prindle: Teer und Sand. — 1867, Nr. 63618, Devlan: Papiermasse mit Wasserglas. — 1867, Nr. 64419, Holmes: Gummi mit Guttapercha. — 1870, Nr. 101553, Wheller: Kautschuk mit Chlorschwefel. — 1871, Nr. 110652, Haymann: Teer, Erdöl, Natronwasserglas, Kalk und Eisensilikat. — 1871, Nr. 120009, Satphen: Asphalt, Kohlenteer, Harz und Lack. — 1872, Nr. 123009, Fewcett: Erdölrückstände, roher Schwefel, Harz und Karbolöl. — 1872, Nr. 123467, Feuchtwanger: 1. Wasserglas, 2. roher Holzessig und Kalk. — 1873, Nr. 133801, Vivien: Schwefelkohlenstoff und Kolophonium. — 1872, Nr. 124358: Holmes: Harz und Asphalt in Erdöl. — 1872, Nr. 124420, Cole: Terpentin, Erdöl, Kreosot, Paraffin, Eupion. — 1873, Nr. 129503, Welch: Asphalt, schweres Teeröl und Alkalilösung. — 1873, Nr. 134133, Fames: Kresylsäure oder Karbolsäure mit Erdöl. — 1873, Nr. 140530, Newell: Paraffin, Wachs, Harz, Burgunderpech und Asphalt. — 1873, Nr. 142117, Prentiß: Schellack, Eisenoxyd, Graphit, Lampenschwarz, Grünspan. — 1873, Nr. 142453, Fales: Rohes Erdöl, Leinöl, gelöschter Kalk, Harz, Schellack, Teer und Abfallsäure. — 1873, Nr. 143472, Snow: Schweres Teeröl, Leinöl, Schlemmkreide, Talkum, Teer und Soda. — 1874, Nr. 152620, Draper: Harz mit Kalk und Wasser. — 1879, Nr. 219377, App: Leinöl, Kohlepulver, Schlemmkreide, trocknender Japanlack. — 1879, Nr. 220121, Burchart: Torf, Koks, Eisensulfat mit Teer. — 1881, Nr. 238341, Bummel: Leinöl mit Kohlepulver und Salpeter. — 1881, Nr. 249856, Percy: Harz, Pech oder Teer mit Pikrinsäure oder pikrinsauren Salzen. — 1882, Nr. 251918, Mott: Teer, Schwefel, Kochsalz, Mineralfarbe. — 1882, Nr. 258050, Gloger: Soda, Natriumazetat, Kaliumpermanganat, Bleioxyd, Van Dyk-Braun. — 1882, Nr. 259030, Marshall: Leinöl, Kochsalz, Salpeter und Terpentinöl. — 1883, Nr. 284653, Mott: Teer, Schwefel, Harz, Ocker und eisenhaltige Mineralfarbe. — 1884, Nr. 293955, Dorr: Teeröl, Schwefel und Paraffin. — 1884, Nr. 294676, Robinson: Kochsalz, gebrannter Kalk, Eisenvitriol, Schwefel und Mineralfarbe. — 1884, Nr. 297568, Cabot: Kreosotöl mit trocknendem Öl und Farbe. — 1886, Nr. 349172, Nichols: Kreosot, Paraffin, Paraffinöl, Benzol, Naphthalin mit Erdöl, Benzin. — 1887, Nr. 359384, Brisley und Finch: Rohes Erdöl, gelöschter Kalk, Teeröl und Ammoniakwasser. — 1889, Nr. 398619, Iddings: 1. Pottasche, gebrannter Kalk, Alaun, Salz, pulverisiertes Eisen, 2. gekochtes Leinöl, Petroleum, Harz und Bleimennige. — 1889, Nr. 403449, Stockes: Rohpetroleum, Harzöl, Teeröl und Harz. — 1889, Nr. 404302, Putnam: Harz, Petroleum und Kreosotöl. — 1889, Nr. 405907, Putnam: Harz, Petroleum und Kienöl. — 1889, Nr. 405908, Putnam: Harz, Kreosotöl und Kienöl. — 1889, Nr. 414246: Phillips: 1. Asphalt, 2. kalkige Masse. — 1889, Nr. 414247, Phillips: 1. Asphalt, 2. Gewebestoff, 3. Asphalt, 4. Kalkmasse. — 1889, Nr. 414248, Phillips: 1. Asphalt, 2. Kalk. — 1890, Nr. 419858, Lee: Erdöl mit harzsaurem Glyzerin. — 1890, Nr. 425412, Dyer: Asphalt, Schwefel, Lampenschwarz und Fettöl. — 1891, Nr. 460861, Gillichan: Kohlepulver, Kalisalpeter, Schwefel, Salizylsäure, Abkochung von Sassafraßrinde und gepulverte Süßholzwurzel. — 1893, Nr. 495991, Murray: Kohlenteer, Mineralöl, tierisches Fett, Bimsteinpulver mit schwefelhaltiger Substanz. — 1893, Nr. 497471, Gayle: Baumwollöl, Harz und Erdocker. — 1894, Nr. 526552, Arnonds: Teer, Pech, Asphalt, Glas und Sand. — 1894, Nr. 529834, Polsgrove: Rohes Erdöl, Leinöl, Naphthalin und gepulverte Kohle. — 1895, Nr. 546960, Lobert: Asphalt, rohes Erdöl, Kreosot, Schwefel, Kochsalz, Zement, Hochofenschlacke, ungelöschter Kalk, Asbest, Glimmer und Kupferasche. — 1896, Nr. 552418, Childerson: Fichtenrindenpulver, Metallfarbe, Leinöl, Strychnin Terpentin. — 1897, Nr. 601767, Mc. Kenzie: Kalk, Salz, Alaun, Blaustein, Eisenvitriol, Bleiglätte, Gummiarabikum, Erdöl, Zinkpulver und Lösung von Blei und Salpeter in Salpetersäure. — 1897, Nr. 605060, Klein: Ambraharz, weiße Soda, Kalk. — 1900, Nr. 658271, Meyer: Doppelkohlensaures Natron, Bimsstein, Talg und Lack. — 1901, Nr. 675501, Schallberger: Roher Asphalt, Bitumenkalk, Kohlenteer, Pech, Harz, Kolophonium, Schwefel, Kreosot, Gips und Lauge. — 1902, Nr. 686282, Gold: Asphalt, Kreosot, Sand, Zement, Kalk, Schwefel und Asbest. — 1902, Nr. 695152, Higgins: Trocken- und Anstreich-

einrichtung. — 1902, Nr. 714521, Schallberger: Asphalt, Leinöl, Fischtran, Talg, Kauriharz, Teer, Pech, Kreosot und Magnesiumoxyd. — 1903, Nr. 736838, Gander: Leinöl, gepulverter Alaun, Kohle, Firnis, Terpentinöl und Alkohol. — 1904, Nr. 759938, Taylor: Leim, Gips, Harz, Teer. — 1904, Nr. 771984, Humphrey: Tonpulver, Terpentin, Oxalsäure, trocknendes Öl. — 1904, Nr. 778321, Macaulay: Leinöl (Erdöl), Wasserglas, Kohlepulver. — 1905, Nr. 792458, Reynolds: Teer, Zement, Asbest, Kreosot. — 1906, Nr. 802680, Chisolm: Geschmolzenes Kaliumsulfid. — 1906, Nr. 836316, Gaskill: Mergel, Harz, Erdöl und Holzmasse. — 1907, Nr. 860079, Binks: Paraffin. — 1908, Nr. 893391, Sinclair: Heißer Asphalt. — 1910, Nr. 967952, Moran: Asphalt mit Kalk. — 1910, Nr. 971799, Stevenson: Kalk, Kochsalz, Schwefel. — 1910, Nr. 979901, Taylor: Kobaltchlorid, Nelkenöl, Glyzerin und Alkohol. — 1911, Nr. 991434, Ellis: Kupferguyalat und Kupferoleat in Asphaltöl und Mineralöl mit oder ohne Harz. — 1912, Nr. 1016111, Sucher: Sägespäne in Alkalikarbonat und Wasserglas.

XXV. Viktoria. — 1870, Nr. 1375, Hosking. — 1870, Nr. 1274, Murray, Stout und Faram. — 1873, Nr. 1756, Malpas: Anstrich gegen Termiten. — 1873, Nr. 1757, Malpas: Anstrich gegen Termiten. — 1888, Nr. 5694, Francis und Turner: Alaun, Arsen, Kampfer, Pottasche, Kalk. — 1889, Nr. 7246, Francis und Turner: Arsenik, Pottasche, Kalk, Kampfer, weiße Seife. — 1889, Nr. 7364, Corbett: Alaun, Silica, Eisenoxyd, Kalk, Magnesia.

XXVI. Westaustralien. — 1888, Nr. 162, Murchison: Vgl. Großbritannien 12964. — 1891, Nr. 305, Philipp: Anstrich gegen Faulen. — 1892, Nr. 337, J. Smith: Vgl. Großbritannien 17514. — 1899, Nr. 464, Croß, Wilcox und Overard.

XXVII. Württemberg. — 1872, vom 12. II., Vivien: Vgl. Belgien 29483.

9. Besondere Arten von Überzügen.

I. Belgien. — 1906, Nr. 189593, Poulson.

II. Canada. — 1901, Nr. 69821, Coleman: Wie England James. — 1907, Nr. 107982, Poulson. — 1909, Nr. 118407, Meehan: Wie Österreich.

III. Dänemark. — 1906, Nr. 8249, Poulson.

IV. Deutschland. — Nr. 99091, Aradi: Blechmantel. — 1899, Nr. 110055, Densmore: Wie Großbritannien, James. — 1906, Nr. 181677, Poulson.

V. Finnland. — 1905, Nr. 2532, Poulson.

VI. Frankreich. — 1902, Nr. 337816, Kolbasieff: Holz in Scheiben schneiden und mit Zwischenlagen zusammensetzen. — 1905, Nr. 362623, Poulson. — 1909, Nr. 415165, Davit: Oberfläche des Holzes mit Nuten für Überzug. —

VII. Großbritannien. — 1870, Nr. 2159, Tripler: Wie U.S.A. 101916. — 1883, Nr. 5576, Feilding: Metallfolie. — 1889, Nr. 18236, Pridham: Wie U.S.A. — 1898, Nr. 2637, Williams: Holzschwellen aus Stücken mit antiseptischen Zwischenlagen. — 1899, Nr. 14068, James: Metallpulver eintreiben. — 1906, Nr. 1325, Poulson: Durchlöchertes Kupferblech, das durch Regen korrodiert.

VIII. Italien. — 1899, Nr. 52312, Densmore: Wie Großbritannien von James.

IX. Luxemburg. — 1902, Nr. 4847: Bourgeat: Zementbekleidung.

X. Norwegen. — 1907, Nr. 17024, Poulson.

XI. Österreich. — 1864, Oudry: Galvanischer Überzug. — 1881, Nr. 31/1493, Meißner: Asbest und Ton. — 1908, Poulson. — 1910, Nr. 45664, Meehan: Metallblech aufwalzen, das Vorsprünge hat. — 1900, Skrobanak und König: Zementüberzug. — 1892, Nr. 42/2009, Suchomal: Zementbrei.

XII. Queensland. — 1890, Nr. 863, Pridham.

XIII. Rußland. — 1910, Nr. 17683, Poulson.

XIV. Schweden. — 1907, Nr. 22863, Poulson.

XV. Ungarn. — 1896, Nr. XXVI/1968, Suchomal. — 1906, Nr. 35417, Poulson.

XVI. Vereinigte Staaten. — 1868, Nr. 83758, Brown: Sandsteinpulver durch Gebläse eintreiben. — 1869, Nr. 94704, Blanchard: Vertiefungen ein-

pressen und mit Schutzstoff füllen. — 1870 Nr. 104916, Tripler: Wie Williams, England. — 1889, Nr. 453821, Pridham: Blätter aus Bitumen und Öl. — 1897, Nr. 611208, Rood: Maschine zum Bewickeln von Masten. — 1900, Nr. 629427, Poulson. — 1902, Nr. 694212, Sprague: Eisennägel einschlagen und mit oxydierender Lösung behandeln.

XVII. Viktoria. — 1889, Nr. 7163, Pridham: wie U.S.A.

10. Fußschutz für Maste.

I. Belgien. — 1874, Nr. 38662, Archinard. — 1907, Nr. 197463, Himmelsbach: Wie Österreich 36606. — 1907, Nr. 199749, Himmelsbach: Wie Österreich 43302.

II. Deutschland. — 1882, Nr. 23780, Klette: Holz in Teile spalten, diese einzeln mit Asphalt umgeben und wieder zusammensetzen. — 1890, Nr. 54118, Jenisch: Tonrohr mit Zement. — 1892, Nr. 68075, Lindheimer: Papierbrei mit Antiseptikum und Asphalt. — 1907, Nr. 197972, Brase: Wie Frankreich 381832.

III. Frankreich. — 1863, Nr. 58466, Burt: Gefäß mit Kreosot. — 1899, Nr. 288500, Pauchon: Pappe mit wasserabstoßendem antiseptischen Stoff. — 1902, Nr. 318393, Inif: Gemisch mit Teer, Bitumen, Asphalt und Kalk. — 1907, Nr. 381832, Himmelsbach: Teer, dann Pech mit Magnesiazement und darüber Teerpappe. — 1907, Nr. 385814, Marchal: Stammende in Injektol. — 1909, Nr. 431540, Terra (Ungarn): Erde um Stangenfuß imprägnieren.

IV. Großbritannien. — 1862, Nr. 1631, Burt: Röhren mit Kreosot. — 1872, Nr. 3109, Roß: Kasten aus Ton mit Antiseptikum. — 1876, Nr. 421, Eisen- oder Zinkblech. — 1889, Nr. 2239, Blakaly: Teer und galvanisiertes Eisenblech.

V. Italien. — 1876, 22. II., Archinard: Wie Österreich. — 1912, Nr. 125919, Mayele: Wie Österreich. — 1908, Nr. 94124, Brase: Wie Frankreich 381832. — 1912, Nr. 111426, Terra: Wie Frankreich 431540.

VI. Luxemburg. — 1907, Nr. 6708, Kastner: Zementfuß.

VII. Norwegen. — 1896, Nr. 4335, Köhler: Balkenköpfe mit gebranntem Ton umhüllen.

VIII. Österreich. — 1876, Nr. 26/996 (X. 541), Archinard: In der Erdzone Metallblech. — 1907, Nr. 33083, Mayele: Rohr mit Goudron. — 1908, Nr. 36606, Himmelsbach: Wie Frankreich 381832. — 1910, Nr. 43302, Himmelsbach: Zusatz zu vorigem. — 1911, Nr. 54518, Terra: Wie Frankreich.

IX. Schweiz. — 1907, Nr. 40222, Himmelsbach: Vgl. Österreich 36606, — 1911, Nr. 55788, Himmelsbach: Vgl. Österreich 43302.

X. Vereinigte Staaten. — 1894, Nr. 518354, Polhannes: Pfähle im Wasser mit Schutzhülle versehen aus Zement. — 1908, Nr. 894619, Folsom: Kragen aus wasserdichtem Material mit Desinfizienz angefüllt.

11. Teere und Teeröle.

I. Belgien. — 1847, Nr. 3401, Dandrimont: Gemisch von Kreosot und Holzteeröl. — 1888, Nr. 81809, Avenarius: Wie Deutschland. — 1900, Nr. 150910, Honney: Gemisch von Teeröl mit Harz. — 1900, Nr. 153566, Dineur: Gemisch von Teer, Fett und Fettöl. — 1904, Nr. 180285, Gare: Wie Frankreich. — 1908, Nr. 205460, Bakeland (Deutschland). — 1910, Nr. 211677, Reilly: U.S.A.

II. Britisch Indien. — 1861, Nr. 91, Cullen.

III. Canada. — 1864, Nr. 1695, Fuller: Petroleum und Petroleumextrakt. — 1873, Nr. 2951, Lytte: Teeröl oder Petroleumteer oder Harz oder Bitumen oder Schwefel als heißes Bad. — 1897, Nr. 134304, Bueler: Roher Teer in Lösung gebracht und filtriert. — 1906, Nr. 100763, Deghue: U.S.A. — 1909, Nr. 116045, Reilly: Wie U.S.A.

IV. Deutschland. — 1888, Nr. 46021, Avenarius: Teeröl durch Chlor „verbessert". — 1889, Nr. 52164, Amendt: Mischung von Mineralöl und Harz (Kolophonium). — 1891, Nr. 63318, Graf u. Co.: Behandeln von Teeröl mit ozonisiertem Sauerstoff. — 1901, Nr. 139843, Frank: Entsäuertes Steinkohlen-

teeröl erhitzen mit Schwefel. — 1906, Nr. 188613, Deditius: Schwefelreiche Petroleumsorten mit Schwefel erhitzt. — 1908, Nr. 231148, Bakeland: Kondensationsprodukte von Formaldehyd und Phenol. — 1910, Nr. 237150, Höntsch: Harz in Azetonöl gelöst. — 1910, Nr. 239697, Höntsch: Azetonöl allein. — 1910, Nr. 240919, Krojanker: Teer mit Benzol extrahieren: Benzol abdestillieren und Rückstand in Teeröl lösen. — 1910, Nr. 243227, Höntsch: Azetonöl und Acetylen.

V. Frankreich. — 1859, Nr. 23514, Feraud und Laureau: Bitumenstoffe. — 1870, Nr. 88549, Badic: Harz. — 1882, Nr. 150418, Foizet: Gemisch von Petroleum und Paraffinöl. — 1886, Nr. 179950, Salvat: Gemisch von Teer und Harz. — 1888, Nr. 194036, Coutant: Vaseline. — 1892, Nr. 225343, Zironi: Harze. — 1904, Nr. 347455, Gare: Vulkanisierter Kautschuk, Harz, Leim oder erhärtendes Öl und Petroleum oder Benzin usw. — 1908, Nr. 386628, Bakeland: Wie Deutschland. — 1908, Nr. 397786, Gillet: Heißes Leinöl. — 1908, Nr. 395462, Reilly: Wie U.S.A. — 1910, Nr. 444708, Polifka und Hacker: Kohlenwasserstoff der Petroleumdestillation mit phenolreichem Holzteer.

VI. Großbritannien. — 1754, Lewis: Teerdestillate. — 1857, Nr. 1036, Richardson und Browell: Teeröl von Holzteer. — 1857, Nr. 2060, Boboeuf: Karbolsäure. — 1858, Nr. 2092, Dorsett: Kreosot. — 1859, Nr. 2367, Newton: Schwere Kohlenwasserstoffe mit Schwefelkohlenstoff. — 1861, Nr. 1582, Cullen: Gemisch von Teer, Kalk und Kohlepulver. 1862, Nr. 2164, Birkbeck: Schwefel in Fettsäure und mit Naphtha oder Petroleum gemischt. — 1866, Nr. 124, Prince: Rohes Erdöl. — 1866, Nr. 1846, Prince: Tränken mit rohem Erdöl, Anstreichen mit Farbe. — 1871, Nr. 2875, Lake: Harzöl. — 1872, Nr. 2398, Probert: Schieferöl, Teeröl oder Naphtha. — 1872, Nr. 2451, Emmens: Lösung von Bitumen oder Asphalt in Petroleum. — 1873, Nr. 1390, Johnson: Flüssige Kohlenwasserstoffe. — 1873, Nr. 1993, Shand: Petroleumgeist mit Harz. — 1880, Nr. 248, Bergeron: Kreosot. — 1882, Nr. 3, Aitken: Naphthalin. — 1887, Nr. 11689, Allen, Phenole. — 1888, Nr. 7398, Avenarius: Teer mit Chlor behandeln. — 1895, Nr. 2710, Aitkin: Schwere Öle in Naphtha gelöst. Nach dem Empressen die Naphtha durch Vakuum absaugen. — 1900, Nr. 12097, Bévier: Erst vulkanisieren, dann imprägnieren mit Kreosot, Harz und Formaldehyd, darüber Anstrich mit Kalkmilch. — 1903, Nr. 26115, Hodgkinson: Lösung von Teakholzöl in Azeton. — 1908, Nr. 22854, Reilly: Wie U.S.A. 901557 und 899904). — 1909, Nr. 1922, Bakeland: Wie Deutschland. — 1910, Nr. 17640, Bartel: Lösung von Bitumen in Öl. — 1911, Nr. 22793: Krojanker wie Deutschland.

VII. Italien. — 1900, 6. 7., Rütgers: Oleo di catrame. — 1892, Nr. 2025, Zironi. — 1907, Nr. 87568, Deditius: Wie Deutschland. — 1908, Nr. 93735, Deditius: Wie Deutschland. — 1910, Nr. 98841, Reilly: Wie U.S.A. — 1909, Nr. 99682, Deditius: Wie Deutschland. — 1910, Nr. 111197, Krojanker: Wie Deutschland.

VIII. Japan. — 1904, Nr. 7798, Yoshida: Destillat des Erdöls, das über 270° übergeht, mit Harz und Naphthalin gemischt. — 1905, Nr. 8598, Yoshida: Rohpetroleum mit Naphthalin.

IX. Norwegen. — 1900, Nr. 9720, Israelsky: Heißes Naphthalin. — 1908, Nr. 20411, Bakeland: Wie Deutschland.

X. Österreich. — 1834, Privileg, Withalm: Kochen in Leinöl. — 1869, IV/31., Roblins Spicer: Gemisch von Leichtölen und Schwerölen. — 1874, 24/1161 (X. 381), Rütgers: Karbolsäurehaltiges Teeröl. — 1883, 33 392, Karmer: Für Weinpfähle 100° heißes Teeröl. — 1888, 38/195, Ritter: Exsikkator: Gemisch von Schwerölen aus Steinkohlendestillation. — 1890, Nr. 39/1499, Avenarius: Wie Deutschland, Teeröl mit Chlor behandeln. — 1891, Nr. 41 66, Amendt: Wie Deutschland. — 1891, 41 2254, Greenfield, Trumann und Nagel: Petroleumpech. — 1893, Nr. 43/1302, Zironi: Harze. — 1898, 48/2962, Avenarius: Karbolineum unter Druck einpressen. — 1899, Nr. 49/2031, Martin: Paraffin. — 1907, Nr. 32880, Deditius: Wie Deutschland. — 1910, Nr. 46079, Polifka und Hacker: Imprägnierungs A. G. Budapest: Gemisch von Steinkohlenteeröl oder Holzteeröl, mit neutralen Mineralölen. — 1910, Nr. 46623, Reilly: Wie U.S.A. — 1910, Nr. 51895, Krojanker: Wie Deutschland. — 1911, Nr. 54599, Höntsch: Wie Deutschland. — 1912, Nr. 55070, Rütgers, Wien: Teeröl von

Steinkohlen, Holz, Torf oder Rohöl von Mineralöl gemischt mit Braunkohlenteeröl unter Zusatz oder ohne Zusatz von Teersäuren.

XI. Portugal. — 1909, Nr. 6453, Bakeland: Wie Deutschland.

XII. Rußland. — 1908, Nr. 14499, Deditius: Wie Deutschland. — 1911, Nr. 18889, Guido Rütgers: Wie Österreich.

XIII. Sardinien. — 1856, Pansa: Destillationsöl von Holz.

XIV. Schweden. — 1901, Nr. 13109, Israelsky.

XV. Schweiz. — 1908, Nr. 45529, Bakeland: Wie Deutschland. — 1910, Nr. 52937, Schälbaum: Als Hausschwammmittel: Petroleum mit Kampfer.

XVI. Ungarn. — 1891, Nr. XXV/46, Amendt: Wie Deutschland. — 1891, Nr. XXII/124, Ritter. — 1893, Nr. XXVII/1104, Zironi: Harz. — 1907, Nr. 39705, Deditius: Wie Deutschland.

XVII. Vereinigte Staaten. — 1837, Nr. 391, Knowles: Heiße Mischung von Teer und Pech. — 1869, Nr. 95474, Heinemann: Geschmolzenes Harz. — 1871, Nr. 100608, Smedt: Ritchiemineral oder Albertite in rohem Erdöl mit Holzteer. — 1870, Nr. 108659, Webb: Karbol mit Holzessig. — 1871, Nr. 111045, Detdiler: Gemisch von Harz, Pech, Asphalt mit Petroleum. — 1871, Nr. 118245, Jones: Gemisch von Asphalt, Terpentin und Karbolsäure. — 1881, Nr. 244327, Smith: Gemisch von Teer, roher Karbolsäure und rohem Holzessig. — 1881, Nr. 247234, Andrews: Gemisch von Petroleumrückständen mit Kreosotöl. — 1886, Nr. 349172, Nichols: Paraffin, Wachs, Paraffinöl, Benzol, Naphthalin werden gelöst oder gemischt mit rohem Erdöl, Naphtha, Benzin oder anderem Kohlenwasserstoff. - 1886, Nr. 352216, Aitken: Naphthalin. — 1893 495991, Murray: Teeröl oder Mineralöl oder tierisches Fett gemischt mit einer Substanz, welche schweflige Säure enthält. — 1905, Nr. 802739, Deghuee: Gemisch von Kreosotöl, Harz, verseifbarem Öl und Schwefel. — 1908, Nr. 899904, Reilly: Teer von spez. Gew. über 1 wird bei 150° destilliert. — 1908, Nr. 899905: Wie vor., mit Kreosotöl gemischt. — 1908, Nr. 901557, Reilly: Teer wird kalt filtriert, bis er frei von suspendiertem Kohlenstoff ist. — 1910, Nr. 991200, Dehnst: Rohes Erdöl mit Schwefel erhitzt. — 1910, Nr. 999013, Dehnst: Kohlenteer versetzt mit Kohlenwasserstoffen, die unter 100° sieden, um die unlöslichen Rückstände allein durch Absitzen zu entfernen. — 1912 1020643, Ellis: Asphaltöl mit Schwefel vulkanisieren. - 1912, Nr. 1023784, Marr: Gemisch von Paraffin und Naphthalin. — 1912, Nr. 1023785, Marr: Gemisch von Paraffin und anderem Petroldestillat. — 1912, Nr. 1036706, Powell: Schweres Teeröl oder Kreosot mit höher siedenden Petroleumrückständen. — 1912, Nr. 1037831, Newton: Petroleumrückstände. — 1912, Nr. 1037832, Newton: Petroleumrückstände mit Kreosotöl.

12. Mischungen von Teer mit Salzen.

I. Deutschland. — 1899, Nr. 121901, Nördlinger: Teeröl mit Kupferchlorid. - 1899, Nr. 129167: Nördlinger: Steigerung der Aufnahmemenge des Salzes durch Lösen in Spiritus, Azeton etc. — 1900, Nr. 139441, Berliner Holz-Comptoir: Teeröl mit Holzteer und Chlorzinklauge. — 1903, Nr. 152179, Berliner Holz-Komptoir: Das Ölgemisch erst mit heißer Luft durchblasen. — 1905, Nr. 168611, Nördlinger: Mischung mit Salzen der Essigsäuregruppe.

II. Frankreich. — 1846, Nr. 2492, Bochard und Watteau: Mineralteer oder Holzteer, Naphtha, Schieferteer usw. mit Metallsalzen vermischen. — 1897, Nr. 271693, Brissonnet: Kreosot mit Beimischung von Kreosotsalzen. —

III. Großbritannien. — 1737, Emerson: Heißes Öl mit giftigen Stoffen. — 1837, Flockton: Teer mit rostigem Eisen behandeln. - 1857, Nr. 1806, Green und Coppin: Erst unter Kalkschicht trocknen und dann mit Teer imprägnieren unter Zusatz von Schwefel, Arsenik etc. — 1861, Nr. 2837, Hey: Kupferoxyd mit Leinöl kochen. — 1874, Nr. 18, Johnson: Wasserunlösliche Metallseifen werden in Kohlenwasserstoffen gelöst. — 1882, Nr. 621, Boulton: Die antiseptischen Stoffe aus Teer (Teersäuren) mit Wasser oder billigen Ölen gemischt. Auch Teeröl mit Kupfer- und Zinkvitriol oder Sublimat. - 1901, Nr. 3922, Harborn: Teeröl mit Zinkchlorid.

IV. Japan. — 1905, Nr. 8356, Orient-Anti-Fäulnis Co.: Gemisch von Harz, Seife, Wachs mit Metallsalzen eventuell unter Zusatz von Steinkohlen-

teer. — 1905, Nr. 9433, Dieselbe: Apparat, um Teeröl mit Salz wie Kupfervitriol usw. zu mischen. — 1906, Nr. 9433, a. Zusatz dazu.

V. Vereinigte Staaten. — 1892, Nr. 473 705, Lückenbach: Rohes Petroleum mit Eisenoxyd. — 1837, Nr. 2, Flockton (London): Teer mit Eisenoxyd. — 1879, Nr. 218 659, Bouvier: Kupfervitriol in Benzoesäure. — 1912, Nr. 1 017 636, Ellis: Asphalthaltiges Erdöl mit Arsenik.

13. Teeremulsionen.

I. Belgien. — 1899, Nr. 142 630, Schenkel. — 1900, Nr. 149 521, Rütgers: Wie U.S.A. — 1910, Nr. 224 328, Verslyn: Teeröl mit Holzteer und Alkalisalzen.

II. Deutschland. — 1899, Nr. 117 263, Berliner Holz-Comptoir: Harzseife und Teeröl. — 1900, Nr. 117 565, Rütgers, Berlin: Wie U.S.A. Teeröl mit harzesterschwefelsaurem Alkali. — 1902, Nr. 151 020, Guido Rütgers: Harzseifenemulsionen mit Ammoniaklauge.

III. Frankreich. — 1899, Nr. 288 634, Schenkel. — 1898, Nr. 299 780, Rütgers. — 1906, Nr. 370 682, Wildenhayn.

IV. Großbritannien. — 1877, Nr. 4636, Ilyes: Naphthalin, Kreosot und Harzseifen. — 1899, Nr. 16 732, Abel: Wie Schenkel. — 1900, Nr. 7911, Rütgers: Wie U.S.A. — 1906, Nr. 23 381, Wildenhayn: Mischung von Teeröl mit Teersäuren, wird mit harzester-schwefelsaurem Alkali oder Ammoniaksalz oder Ammonium versetzt.

V. Italien. — 1899, Nr. 52 707, Berliner Holz-Comptoir. — 1903, Nr. 66 371, Rütgers, Wien. — 1909, Nr. 100 994, Rütgers, Wien: Verlängerung. — 1910, Nr. 108 193, Rütgers, Wien: Verlängerung. — 1911, Nr. 114 220, Rütgers, Wien: Verlängerung.

VI. Japan. — 1905, Nr. 10 725, Yoshida: Kreosot etc. mit Formaldehydzusatz, Harz-Alkalilösung und verdünnter Borsäure.

VII. Norwegen. — 1899, Nr. 7676, Schenkel.

VIII. Österreich. — 1895, Nr. 43/4475, Ungarische Staatsbahn: Teeröl mit Chlorzinklauge (Illeck). — 1898, Priv. 48/966, Rütgers, Wien: Wie D.R.P. 151 020. — 1900, Nr. 3382, Rütgers, Berlin: Wie U.S.A. — 1902, Nr. 8799, Rütgers, Wien: Wie D.R.P. 151 020. — 1902, Nr. 12434, Rütgers, Wien: Teeröl, Harz und Ammoniumkarbonat mit Natronlauge. — 1903, Nr. 14 604, Berliner Holz-Comptoir: Wie D.R.P. Harzseife mit entsäuertem Teeröl.

IX. Rußland. — 1901, Nr. 5845, Rütgers: Wie Deutschland 151 020.

X. Schweden. — 1900, Nr. 11 849: Schenkel.

XI. Ungarn. — 1899, Nr. 16 108, Schenkel. — 1898, Nr. 19 489, Rütgers, Berlin: Wie U.S.A. — 1900, Nr. 18 703, Berliner Holz-Comptoir: Wie Österreich, eventuell Zusatz von Karbol, Naphthalin, Pyridin usw. — 1903, Nr. 27 137, Rütgers, Wien: Wie D.R.P. 151 020.

XII. Vereinigte Staaten. — 1870, Nr. 108 654, Webb: Karbol mit Holzteerdestillaten unter Zusatz von Bariumchlorid. — 1884, Nr. 305 423, Cabot: Harz lösen in Alkalisulfid und mit Naphthalin mischen. — 1894, Nr. 515 191, Cabot: Kreosot, Chlorkalk und Wasser. — 1900, Nr. 655 459, Schenkel: Emulsion. — 1900, Nr. 662 310, Rütgers, Berlin: Harz in Schwefelsäure verseifen. — 1902, Nr. 693 697, Friedemann: Kreosot, Leimlösung und Chromsalz. — 1908, Nr. 896 335, Stokes: Sodaseife mit rohem Mineralöl.

14. Einpressen einer Salzlösung und danach eines Öles.

I. Belgien. — 1848, Nr. 4531, Dickschen: Tränken mit Kochsalzlösung und Anstreichen mit Teer mit Eisenhammerschlag. — 1908, Nr. 206 169, Brase.

II. Canada. — 1889, Nr. 31 638, Boulton: Wie französisches.

III. Deutschland. — 1904, Nr. 189 265, Schubert und Wagler: 1. Salzlösung, 2. Paraffin.

IV. Frankreich. — 1846, Nr. 2492, Borchard: Zusatz von Gemini: Erst Salzlösung, dann Öl. — 1863, Maréchal: Erst Eisensulfatlösung, dann Teer. — 1884, Nr. 159 567, Boulton: Erst Lösung eines Salzes, dann Teer. — 1907, Nr. 387 535, Brase: Fluorsalz oder Zinkchlorid, dann Teeröl. — 1911,

Nr. 426 782, Devoux: Erst Salzlösung, dann Paraffin, Stearin oder Kupferoleat.

V. Großbritannien. — 1856, Nr. 1015, Greenfields: Erst Kochsalzlösung mit Alaun, dann Talg, Olein, Gasteer oder Harz. — 1862, Nr. 3184, Clark: Erst Salzlösung, dann Anstrich von Öl mit Salz. — 1868, Nr. 441, Szerelmey: Lösung von Pottasche oder Kalkwasser oder verdünnter Schwefelsäure und dann Rohpetroleum, Asphalt, Kalk, Pech und Schwefel. — 1868, Nr. 553, Lake: Erst Boraxlösung, dann Bleiazetat oder Teer. — 1889, Boulton: Wie Frankreich.

VI. Österreich. — 1875, Nr. 25/1072 — X 381, Rütgers: Erst Chlorzinklauge, dann Teeröl. — 1875, X/505, Rütgers: Erst Chlorzinklauge, dann Teeröl. — 1906, Nr. 25498, Rütgers, Wien: Erst Wasserlösung von Teerölen, dann Teeröl.

VII. Schweiz. — 1908, Nr. 41633, Brase: Wie französisches.

VIII. Vereinigte Staaten. — 1889, Nr. 254274, Card: Erst Salzlösung, dann Öl. — 1904, Nr. 753052, Dundon: Erst dünnflüssiges Mineralöl, dann dicke, bituminöse Masse.

15. Einlagerung von Schwefel in Holz.

I. Belgien. — 1876, Nr. 38989, Weatherby. — 1909, Nr. 214876, Chisolm.

II. Canada. — 1909, Nr. 118813, Chisolm. — 1910, Nr. 124580, Chisolm.

III. Deutschland. — 1909, Nr. 237033: Chisolm.

IV. Frankreich. — 1875. Weatherby. — 1877, Nr. 118903, Nillus: Einpressen von heißem Schwefel. — 1905, Nr. 359493, A. S. Meehan: Heißer Schwefel für (Luther U.S.A.). — 1909, Ar. 400885, Chisolm: Wie U.S.A. 965154.

V. Großbritannien. — 1873, Nr. 3975, Weatherby: Lösung von Kalziumbisulfit mit schwefliger Säure. — 1909, Nr. 5908, Chisolm: Wie U.S.A. Nr. 965154.

VI. Italien. — 1910, Nr. 102134, Chisolm.

VII. Vereinigte Staaten. — 1910, Nr. 955762, Chisolm: Lösung von Kalziumsulfid. — 1911, Nr. 965154, Chisolm: Lösung von freiem und gebundenem Schwefel in Ätzkalk.

16. Lösungen mit kolloiden Stoffen usw.

I. Belgien. — 1899, Nr. 141147, Williams: Lösung von Kaliumbichromat, Formaldehyd und Gelatine. — 1899, Nr. 145496, Lebioda. — 1900, Nr. 153344, Managnam Effendi. — 1903, Nr. 169408, Powell.

II. Canada. — 1890, Nr. 34507, Chanute: Wie U.S.A. — 1901, Nr. 70560, Lebioda.

III. Dänemark. — 1900, Nr. 3557, Lebioda. — 1906, Nr. 8462, Powell.

IV. Deutschland. — 1897, Nr. 102963, Schwarzhuber: Wie Österreich. — 1898, Nr. 111323, Buchner: Chromoxydsalze. — 1899, Nr. 122150, Rogge: Eichenlohe mit kochsalzhaltiger Ätznatronlauge. — 1900, Nr. 129463, Managnam Effendi: Birkenöl oder Pektinsäure unter Zusatz eines Sikkativs. — 1899, Nr. 144294, Lebioda: Formaldehyd und Agar-Agar. — 1903, Nr. 163667, Powell: Zucker. — 1906, Nr. 202188, Heim: Kolloid, wie guten Leim, mit Chromaten.

V. Finnland. — 1901, Nr. 1569, Lebioda. — 1905, Nr. 2411, Powell.

VI. Frankreich. — 1892, Nr. 225442, Gutman von Gelse: Tanninextrakt. — 1899, Nr. 293358, Lebioda: Formaldehyd mit oder ohne Gelatine. — 1907, Nr. 305635, Managnam Effendi: Mischung von Teeröl mit Pektinsäuren. — 1904, Nr. 330671, Powell: D.R.P. — 1907, Nr. 376248, Dada und Fuchs.

VII. Großbritannien. — 1871, Nr. 2158, Douglas und Watson: Alkalische Harz- oder Kolophoniumlösung und danach Alaunlösung. — 1873, Nr. 1344, Morris: Erst Gelatine mit Öl und Alkali, dann Alumiumsulfat mit Kalium- oder Zinksulfat und Bleiazetat. — 1878, Nr. 2054, Nutter: Eisennitrat und Kupfersulfat und danach Eiweißlösung. — 1878, Nr. 4593, Delen und Courtrai: Flüssiges Guttapercha. — 1879, Nr. 1552, Perez de la Sala: Terpentin und Glyzerin und

danach Natrium- oder Kalilauge. — 1880, Nr. 477, Cobley: Kochen von Lederspänen usw. mit Alkali und Mischen mit Teeröl. — 1880, Nr. 2464, Baxter: Zucker, Zinksulfat und Kalziumsulfat. 1882, Nr. 2957, Croß: Wasserglas mit Asbestpulver. — 1887, Nr. 17814, Quarante: Aluminiumacetat oder Soda oder Bleiacetat oder Bleipyrolignit mit Glyzerin. — 1892, Nr. 19947, Gutman von Gelse. — 1894, Nr. 25293, Schwarzhuber (vgl. Österreich). — 1896, Nr. 11182, Thompson: Lösung von Schießbaumwolle oder Leim mit Tannin oder Chromsäure. — 1899, Nr. 13423, Williams: Erst alkalisches Bad, dann Anstrich mit Wachs, Öl, Pottasche oder Wasserglas. — 1899, Nr. 21814, Lebioda. — 1902, Nr. 11235, Powell: D.R.P. — 1904, Nr. 17736, Powell: Zuckerlösung mit Salzen des Blei, Eisen, Zink, Aluminium, Zinn, Quecksilber, Arsen oder Bor. — 1907, Nr. 5327, Dada und Fuchs: Chromoxyd, Phosphorsäure und Chromalaun.

VIII. Italien. — 1900, Nr. 55706, Lebioda. — 1904, Nr. 71587, Gutman: Ebenso: 1905, Nr. 76066, 1906, Nr. 81650.

IX. Japan. — 1905, Nr. 8627, Powell.

X. Norwegen. — 1900, Nr. 8474, Lebioda. — 1906, Nr. 14746, Powell.

XI. Österreich. — 1869, XVIII/190, Taussig: Kolophonium, Terpentinöl, Gummi, Petroleum, Schellack. — 1874, Nr. 24/190, Hatzfeld: Extrakt von Gallo- und Gerbsäure und danach Eisenoxydul. — 1883, Nr. 33/199, Fränkel: Dämpfe von Gerbsäure. — 1893, Nr. 43/161, Gutman von Gelse. — 1893, Nr. 43/1302, Zironi: Lösung von Harzen in Kohlenwasserstoff. — 1896, Nr. 46981, Pollacseck: Pech, Harz und Stearin. — 1899, Nr. 1563, Schwarzhuber: Mischung von Stärke und Ätzkali. — 1900, Nr. 3347, Lebioda. — 1904, Nr. 19314, Powell. — 1906, Nr. 31274, Dada und Fuchs.

XII. Queensland. — 1904, Nr. 7655, Powell.

XIII. Rußland. — 1901, Nr. 5277, Lebioda. — 1903, Nr. 8003, Lebioda: Zusatz zu 5277. — 1903, Nr. 8203, Buchner: D.R.P. — 1904, Nr. 9133, Powell.

XIV. Schweden. — 1899, Nr. 4323, Gutman von Gelse. — 1902, Nr. 13579, Lebioda. — 1906, Nr. 20821, Powell.

XV. Spanien. — 1892, Nr. 13397, Gutman.

XVI. Ungarn. — 1906, Nr. 37311, Dada und Fuchs: Chromsalz, wie Oxyd oder Phosphat oder Alaun.

XVII. Vereinigte Staaten. — 1867, Nr. 70761, Taylor: Holzessigsäure, Lampenschwarz, rohes Erdöl und Abkochung von Eichenrinde. — 1869, Nr. 95583, Hayford: Erst Paraffin und Palmöl, dann Wasserglas und Ammoniumkarbonat und endlich Wachsbelag. — 1869, Nr. 107904, Hagen: Tannindämpfe oder Gemisch von Dämpfen von Tannin und Teer. — 1875, Nr. 169094, Donn: Borsäure und Tannin. — 1876, Nr. 164786, Werne: Cyankali, Zinksulfat und Leimlösung. — 1876, Nr. 174914, Lockwood: Leimlösung einpressen. — 1879, Nr. 216589, Wellhouse: Erst Zinkchlorid und Gelatine, dann Tannin. — 1889, Nr. 380593, Quarante: Aluminiumazetat, Bleisubazetat und Glyzerin. — 1890, Nr. 398366, Youngblood: Abkochung von Redwoodrinde (Gerbstoff) und Salpeter und Bad von Paraffin. — 1890, Nr. 443238, Korral: Alkohol, etwas Säure und Zucker. — 1900, Nr. 660756, Lebioda. — 1901, Nr. 686582 Brinkerhoff: Lanolin in flüchtigen Ölen. — 1901, Nr. 688932, Chanute: Erst Zinkchlorid, dann Tannin und endlich Gelatine. — 1904, Nr. 751981, Gordon: Kalziumhydroxyd, Glyzerin und Zucker. — 1904, Nr. 755240, Powell: D.R.P. — 1904, Nr. 788232, Willis: Nitrozellulose und Kampfer gelöst in Azeton oder Amylazetat oder Kreosot.

17. Opentank- und Doubletankverfahren.

I. Belgien. — 1853, Nr. 6805, Sainthill für Bethell: Wie Frankreich 8207 (1853). — 1866, Nr. 20391, Manne: Tauchverfahren. — 1905, Nr. 181850, Weed: Wie Großbritannien.

II. Canada. — 1907, Nr. 103185 und 103186, Lockerby: Holz in Teeröl gekocht, kaltes Öl.

III. Deutschland. — 1899, Nr. 109149, Mc. Sweeny: Holzpflaster durch Bassin mit Trommel ziehen. — 1899, Nr. 116652, Hübsch und Avenarius: Anstrichmaschine. — Österreich 48/2902 und 6450. Schweden 15071 — Rußland

land 7954. — 1900, Nr. 117951, Kruskopf: Offene Mulde. — Großbritannien 1900, Nr. 23834. — Belgien 153593. — 1900, Nr. 135180, Kruskopf: Bassin, in welches Maste herabgedrückt werden. — Großbritannien 1902, Nr. 20550. — Österreich 15510. — 1900, Nr. 145633, Kruskopf: Weitere Ausführung. — 1901, Nr. 128245, Giussani: Tauchkorb. — Italien 61688, 54002, 55278. — 1901, Nr. 132202, Giussani: Flüssigkeiten von verschiedenem spez. Gewicht. — U.S.A. 707224. — Großbritannien 1901, Nr. 11927. — Spanien 27971. — Österreich 20881. — Italien 54062. — 1902, Nr. 153918, Rademacher: Versenken der Wagen in ein Bassin. — 1902, Nr. 158339, Giussani: Durchführen der Hölzer durch mehrere Bassins. — U.S.A. 713630. — Großbritannien 1902 Nr. 18506. — Frankreich 311561. — Rußland 8846. — Belgien 145247. — Schweiz 26955. — Italien 66310, 66394. — Österreich 20142. — Spanien 30337. — 1905, Nr. 175691, Altena: Tauchen des ganzen Wagens. — Belgien 190483. — Großbritannien 1906, Nr. 15631. — Frankreich 363811.

IV. Frankreich. — 1845, Nr. 767, Fussey u. Pelletier: Bad von 110 bis 150° von fettigen Ölen oder Teerstoffen. — 1846, Nr. 1458, Lavalley-Duperon: In Asphalt kochen. — 1849, Nr. 4475, Bethell: In flüssigen Teer oder Teeröle oder holzessigsaure Salzlösungen (Zink, Kupfer oder Eisen) tauchen. — 1853, Nr. 8207 (engl. vom 1. 3. 1853), Bethell: Erst Salzlösung, dann Ölbad, oder erst Zinkvitriollösung und dann Rauch. — 1862, Nr. 54915, Lapparent: Erst Salzlösung, dann in Teer kochen. — 1865, Nr. 66865, Hossard: Wie englisches Patent 1865, Nr. 1573. — 1876, Nr. 115835, Marliade: Mit Teer kochen. — 1905, Nr. 350758, Weed: Wie Großbritannien 1904, Nr. 28729. — 1907, Nr. 372192, Società per la conservazione del legno (Giussani). — 1907, Nr. 385814, Marschall: Stangenfuß in offenem Bassin mit Injektol (leichtem Teeröl) tränken.

V. Großbritannien. — 1865, Nr. 1573, Hossard (Paris): Erst heißes Bad, danach kaltes Bad. — 1866, Nr. 2168, Welch: Ähnlich wie D.R.P. von Avenarius. — 1867, Nr. 1268, Newington: Auf 180° erhitztes Kreosot. — 1868, Nr. 1800, Wells (für Seely): Vgl. U.S.A. 69260. — Zuerst über 100° heißes Bad von Teeröl, dann in kaltes Bad der Imprägnierflüssigkeit tauchen. — 1872, Nr. 3090, Rogers: in Öl kochen, nach dem Trocknen mit Marineleim überziehen. — 1883, Nr. 5723, Boulton: Erst mit Teerölemulsion tränken, dann mit Teeröl kochen. Vgl. U.S.A. 360947. — 1894, Nr. 19437, Tortora (Neapel): In heißes Bad eines Kohlenwasserstoffes tauchen, abkühlen lassen. — 1903, Nr. 4355, Justice: Kochen erst in Harzbad, dann in Kreosot. — 1904, Nr. 28729, Weed: Kochen in Harz, dann in Gasoline, dann in Imprägniermittel, dann Harze lösen.

VI. Österreich. — 1834, Privileg des Withalm: Kochen in Leinöl. — 1882, 32/1483, Rütgers: Pflasterklötze in Teeröl bei 200° kochen. — 1900, Nr. 1577, Rieß: Erst in Wasser einweichen, dann in siedendes Pech, Pechabfälle, Harz und Kolophonium.

VII. Schweden. — Nr. 4767, Lundberg: In Lösung anwärmen, dann in kalte Lösung tauchen.

VIII. Vereinigte Staaten. — 1837, Nr. 232, Gotthilf: In einem Ölgemisch kochen. — 1867, Nr. 62956, Hanvey: Erst in Salzlösung kochen, dann abkühlen, dann in Teer und Petroleum kochen. — 1867, Nr. 69260, Seely: Erst in heißes Bad von Öl tauchen, dann in kaltes Bad von Salzsäure. — 1868, Nr. 79554, Cresson: Erst mit Gasen imprägnieren, dann das Stammende in heißes Öl tauchen. — 1872, Nr. 132584, Jones: Heißes Kohlenteerdestillat von 10° Bé. — 1887, Nr. 360947, Boulton: Erst mit Metallsalzlösung tränken, dann in Bitumen und Kreosot kochen. — 1894, Nr. 533543, Louchborough: Opentank mit unendlicher Kette für Schwellen. — 1900, Nr. 620627, Willner (England): Tränkkessel mit Feuerung. — 1900, Nr. 621774, Chamberlain: Pflasterklötze durch Ölwanne drücken. — 1902, Nr. 733835, Gray: Kochtank, Trockenkammer und Kühlkammer mit unendlicher Kette. — 1903, Nr. 750775, Marshall: Unendliche Kette. — 1905, Nr. 794605, Gerhard: Unendliche Kette. — 1906, Nr. 836592, Logan: Offener Zylinder mit Dampfschlangen. — 1906, Nr. 864092, Burns: Auf Wagen durch Ölbassin fahren. — 1908, Nr. 831793, Logan: Erst Zinkchloridlösung und dann für die Stammenden der Maste erst heißes, dann kaltes Kreosotbad. — 1909, Nr. 913593, Watkins: Offene flache Tanks mit heißem und kaltem

Öl, durch welche Feldbahn fährt. — 1910, Nr. 937008, Nelson: Erst heißes Bad, abkühlen, dann erhitzen, herausnehmen und trocknen. — 1910, Nr. 952887, Dundon: Stammenden wie 836592, dazu Reciever für warmes und kaltes Öl. — 1910, Nr. 966988, Baten: Sodabad mit unendlicher Bahn. — 1910, Nr. 981383, Comstrock: Balken wird zwischen zwei Rollen durchgeführt, wobei die untere in Öl tauchende Rolle ihn anstreicht. — 1910, Nr. 985392, Card und Mc. Ardle: Kleines Holz wird durch Klinkenaufzug in Teerölgefäß befördert und aus diesem durch eine Klappe wieder abgezogen. — 1911, Nr. 986751, Paty: Erst mit heißem Wasser behandeln, dann mit heißer Luft trocknen und dann in kaltes Öl tauchen. Ölbassin mit unendlicher Kette.

18. Zylinderkonstruktionen.

I. Belgien. — 1848, Nr. ——, Hooper. — 1852, Nr. 6751, Hooper. — 1882, Nr. 57157, Mirandolle: Wie französisches. — 1898, Nr. 139286, Reiner: Zylinder mit Druck und Vakuumpumpe. — 1899, Nr. 141147, Ferrel. — 1899, Nr. 157165, Ferrel. — 1904, Nr. 177038, Hanson: Kreosotierungsapparat. — 1906, Nr. 193882, Slipers A. G.

II. Dänemark. — 1899, Nr. 5416, Ferrel: Wie Deutschland 114276.

III. Deutschland. — 1898, Nr. 102645, Bleibinhaus: Imprägnierzylinder mit direkter Beheizung. — 1898, Nr. 106518, Bleibinhaus: Weitere Ausbildung. — 1899, Nr. 114276, Ferrel: Zylinder mit hydraulischem Kolben. Schiebertüren werden durch Pumpen gehoben. — 1899, Nr. 117821, Willner: Eiserner Imprägnierzylinder, der von unten geheizt wird. — 1903, Nr. 160209, Vales und Bastien: Jedes Stück Holz in besonderen Zylinder mit Kontrollvorrichtungen; ebenso Frankreich 305555 — Belgien 171496 — Belgien 174724. — 1910, Nr. 236818, Rüping: Verdrängte Druckluft zur Luftpumpe geführt.

IV. Frankreich. — 1837, Nr. 5763, Levien: Einpressen der Lösung in Holz, während dasselbe durch den Kolben einer Presse belastet wird. — 1838, Nr. 11195, Bréant: In einen Zylinder durch Hand- oder Maschinenpumpe Lauge oder Öl oder Harz eingepreßt. — 1875, Nr. 109763, Riboulet: Kreosotieranlage. — 1876, Nr. 111011, Massenet: Anlage, bei der das Vakuum nach Art des Barometers erzeugt wird. — 1881, Nr. 146456, Mirandolle: Die hintere Wand des Zylinders ist ausgebildet wie eine Schraubenpresse und kann vorgeschraubt werden (ähnlich U.S.A. 877148). — 1884, Nr. 172039, Young: Wie U.S.A. 329799. — 1894, Nr. 241447, Loustalot: Wie Großbritannien. — 1899, Nr. 286567, Ferrel: Wie Deutschland 114276.

V. Großbritannien. — 1855, Nr. 2034, Boucherie: Geheizter Zylinder. — 1856, Nr. 388, Cowper: Dasselbe. — 1872, Nr. 1646, Lake: Zylinder. — 1875, Nr. 3519, Clark: Zylinder. — 1877, Nr. 3716, Hayford: Wie U.S.A. 194773. — 1895, Nr. 9247, Loustalot: Zylinder mit doppelter Wand. — 1899, Nr. 4431, Ferrel: Imprägnieranlage. — 1908, Nr. 17748, Ohlson (Slipers A. G.): Zylinder mit zwei konzentrischen Mänteln.

VI. Italien. — 1904, Nr. 67213, Piaggio: Imprägnierungsanlage. — Nr. 70654, ebenso. — Nr. 70876, ebenso. — 1904, Nr. 71524, Pavazzi: Anlage. — 1905, Nr. 78973, Bley: Anlage. — 1906, Nr. 79756, Vergnano: Kessel für Vakuum und Druck. — 1906, Nr. 84028, Malignani: Anlage. — 1908, Nr. 89161, Himmelsbach. — 1909, Nr. 101502 (Verlängerung von 67213), Piaggio. — 1911, Nr. 108746 (Verlängerung von 70654), Piaggio.

VII. Norwegen. — 1899, Nr. 7702, Ferrel: Wie Deutschland 114276. — 1907, Nr. 16438, Slipers A. G.

VIII. Österreich. — 1859, Rödiger: Imprägnierapparat. — 1872, X/111, Rütgers: Zylinder für Teeröl oder Chlorzinklauge. — 1885, 35,933, Löwenfeld: Soviel Kessel als Einzeloperationen. — 1886, Nr. 36/2769, Klier und Illeck: Anlage mit zwei Zylindern. — 1895, Nr. 43/5968, Loustalot. — 1901, Nr. 6253, Ferrel: Wie Deutschland 114276.

IX. Rußland. — 1901, Nr. 4781, Ferrel: Wie Deutschland 114276.

X. Schweden. — 1894, Nr. 6168, Loustalot. — 1899, Nr. 14438, Ferrel: Wie Deutschland. — 1905, Nr. 19022, Dalén: Laugepumpe mit elastischer Entlastung. — 1907, Nr. 21985, Slipers A. G.

XI. Schweiz. — 1909, Nr. 48742, Himmelsbach: Imprägnierzylinder und Reservoir mit Luftausgleich. — 1909, Nr. 50250, Himmelsbach: Wie vor.

XII. Ungarn. — 1894, vom 20. Oktober, Loustalot.

XIII. Vereinigte Staaten. — 1867, Nr. 67104, Clarke: Imprägnieranlage für ölige Stoffe. — 1872, Nr. 124419, Cole: Ofen zum Wärmen des Zylinderinhaltes. — 1872, Nr. 127482, Hayford: Anordnung des Zylinders und der Rohrleitungen. — 1873, Nr. 140520, Gonnegal: Zylinder drehbar aufgehängt. Nach der Imprägnierung Öffnung nach unten gedreht. — 1874, Nr. 148630, Stead: Zylinderkonstruktion. — 1875, Nr. 160846, Smith: Viele kleine Einzelzylinder. — 1877, Nr. 194773, Hayford: Anordnung der Pumpen und Rohre. — 1878, Nr. 208649, Tripler: Zylinder mit Dampfmantel. — 1881, Nr. 247947, Putnam: Kombination von Tank, Kessel und Zylinder. — 1883, Nr. 285087, Valentine: Senkrechter Zylinder. — 1885, Nr. 301880, Collings: Imprägnierzylinder. — 1885, Nr. 322819, Hansen: Fahrbarer Imprägnierungszylinder mit Heizkammer. — 1885, Nr. 329799, Young: Ölvorratsgefäß höher als Imprägnierzylinder, Ölbeförderung durch Luftpumpen. — 1899, Nr. 620114, Ferrel: Wie Deutschland 114276. — 1899, Nr. 645793, Doyle: Senkrechter Druckzylinder. — 1899, Nr. 662104, Stern und Kempfer: An einer Achse drehbar zwei Zylinder aufgehängt. — 1902, Nr. 711080, Smith: Rohrkombination. — 1904, Nr. 774649, Richardson: Imprägnierzylinder. — 1906, Nr. 857148, Barr: Druck auf die Lauge durch Kolben im Deckel. — 1906, Nr. 858950, Davis: Kreosotierungsanlage. — 1906, Nr. 866487, Kuckuck: Imprägnieranlage für Rüpingverfahren. — 1908, Nr. 904589, Willner: Kombinierte Anlage. — 1908, Nr. 908144, Rowe: Türverschluß für Kreosotierungszylinder.

19. Teerölverfahren durch Kombination von Druck und Vakuum.

I. Belgien. — 1848, Nr. 4523, Cox: Wie französisches. — 1875, Nr. 37556, Hatzfeld: Wie französisches. — 1879, Nr. 48305, Boulton: Wie Großbritannien. — 1906, Nr. 193861, Slipers A. G.: Erhitzen — Durchpressen von Luft oder Gas zum Kühlen — Vakuum — Öleinpressen.

II. Canada. — 1904, Nr. 96734, The international Creosoting Co.: Wasser verdampfen, dann Vakuum — Öl einbringen — hoher Druck mit Luft.

III. Dänemark. — 1906, Nr. 9037, Typke (Berlin): Druck $^3/_4$ Atm. steigern, dann Ventil abschließen und den Druck von selbst abnehmen lassen.

IV. Deutschland. — 1901, Nr. 133974, Pfister: Holz erst an einem, dann am anderen Ende mit für die Imprägnierlösung undurchdringlicher Masse überziehen. — Ebenso: U.S.A. 683792. — Großbritannien 1901, Nr. 11045. — Dänemark 4909. — Norwegen 10659. — Belgien 159377. — Canada 74742. — Schweden 17561. — 1902, Nr. 138933, Wassermann (Rüping): Erst Luft oder Gas von 5 Atm. einpressen, dann Öl unter höherem Druck nachpressen — und bis auf 15 Atm. erhöhen — eventuell nachher Vakuum. — Ebenso: Dänemark 5147. — Norwegen 11314. — Schweden 14602. — Österreich 13031. — Finnland 1787. — Portugal 4006. — Belgien 162180. — Australien 12479. — Queensland 5116. — Luxemburg 4736 (Hülsberg). — Spanien 29862. — Frankreich 319758. — Italien 154136. und 63024 — Türkei 1019. — England 1902, 6844. — U.S.A. 709799. — Canada 78745. — 1902, Nr. 154901, Heise: Geringe Ölmenge einpressen — Öl ablassen — Verteilen durch Nachpressen einer sich mit dem Öle nicht vereinigenden Flüssigkeit. — 1902, Nr. 174678, Heise: Gewünschte Ölmenge einpressen — Öl ablassen — Öl im Holze verteilen durch Dampf. — Ebenso Österreich 19775 (1904). — Ungarn 28119. — 1903, Nr. 182408, Heise: Zusatz: Dasselbe Sparverfahren für alle Arten Flüssigkeiten. — Großbritannien 1903, Nr. 4435. — Norwegen 1905, Nr. 14113. — Dänemark 5904. — Schweden 17766 (1903). — Belgien 168712. — Italien 66863. — Italien 101031. — 1905, Nr. 185531, Hülsberg: Benutzte Luft von Sauerstoff befreien. — Schweiz 4992. — 1905, Nr. 186530, Rütgers (Wien): Abgemessene Ölmenge mit Vakuum und Druck einpressen. — Verteilen mit Druckluft. — Österreich 23212 (1905). — Ungarn 29539. — 1907, Nr. 211042, Hülsberg: Weiterausbildung des Rüpingpatentes: Eine halbe Stunde Luft oder Gas von höchstens 5 Atm. — dann Atmosphärendruck im Kessel — sofort Öl einführen und einpressen. — 1907, Nr. 212911, Hülsberg: Zuerst Öl einpressen unter 2—3 Atm. — Öl ablassen. — Dänemark 7801. — Norwegen

14726. — Schweden 20194. — Belgien 180574. — 1908, Nr. 236199, Polifka und Hacker: Ölgemisch im Zylinder zum Sieden bringen, abziehen, unter Druck einpressen — Vakuum, um Überschuß zu beseitigen. — Portugal 6732. — Österreich 32265 (1905). — Großbritannien 1908, Nr. 15556. — Frankreich 392554 (1907). — Norwegen 18795. — Schweden 31294 (1911). — Italien 96991 (1909). — Schweiz 43961. — Belgien 209646. — 1908, Nr. 238347, Chateau und Merklen: Erst abwechselnd Dämpfen und Vakuum, dann Öl einpressen — Öl ablassen — Dampf und Druckluft nacheinander einpressen. — Schweiz 42571. — Österreich 49955 (1910). — Norwegen 18755. — Schweden 28372. — Italien 94822. — Finnland 3097. — Portugal 6328. — Belgien 206377. — Luxemburg 6882. — 1909, Nr. 231238, M. Boucherie: Luftkissen vermeiden: Zylinder sind um eine Achse drehbar. — Ebenso Großbritannien 1909, Nr. 17002. — Rußland 1909, Nr. 16148. — Österreich 54586. — Frankreich 401746. — Schweiz 48392. — Belgien 217820. — Norwegen 21009. — Schweden 31838. — Canada 125273. — 1910, Nr. 243227, Höntsch: Acetonöl mit Acetylen einpressen.

V. Frankreich. — 1847, Nr. 3441, Cox: Erhitzen bis kurz unter Verkohlungsgrenze, dann in Bitumenbad, Vakuum und danach Druck. — 1866, Nr. 71643, Bonvallet: Dämpfen — Vakuum — Ansaugen des Antiseptikums — Druck. — 1875, Nr. 106713, Hatzfeld: Flüssigkeit einpressen vermittels Gas oder Luft. — 1875, Nr. 109763, Riboulet: Dämpfen bei 45—54° und kochen in Öl von 120—150°. — 1876, Nr. 114356, Belle de Coste: Trocknen im Vakuum — Erhitzen oder Dämpfen — Einpressen der Imprägnierlösung. — 1897, Nr. 273548, Marchal: Schnellfolgend Vakuum — komprimierte Luft — Hitze — Einpressen des Öles unter niedrigem Druck — hoher Druck mit dem Öl. — 1902, Nr. 325486, Heise: (Deutschland). — 1907, Nr. 375854, Chateau und Merklen: Geringe Menge Teeröl einpressen — verteilen durch Nachpressen mit anderer Flüssigkeit. Belgien 200499. — 1908, Nr. 386441, Chateau und Merklen: Erst Vakuum — dann Öl einpressen — dann Dampf oder heißes Wasser und folgend Vakuum. — Österreich 42715 (1910). — Portugal 6160. — Belgien 203522. — 1910, Nr. 438849, Smith: Wie U.S.A. 992918. — 1911, Nr. 414141, Kardos (Ungarn): Einpressen von heißer Luft oder Gas und dann plötzlich Vakuum — Öl nachpressen. — Belgien 224099.

VI. Großbritannien. — 1847, Nr. 11739, Cox: Wie französisches Patent. — 1856, Nr. 933, Barlow: Erst imprägnieren, dann Überschuß austreiben. — 1859, Nr. 788, Burt: Erst Vakuum — Öl einpressen — nach Belieben, um Öl zu sparen, Vakuum. — 1879, Nr. 1954, Boulton: Wie U.S.A. 247602). — 1902, Nr. 22805, Heise: Erst Öl einpressen, etwas Öl ablassen — mit Dampf nachpressen. — 1902, Nr. 6844, Hülsberg: Erst Luft einpressen — dann Öl unter höherem Druck nachpressen (Rüping). — 1904, Nr. 19737, Hülsberg: Erst Öl einpressen — dann Vakuum. — 1904, Nr. 24451, Hülsberg: Erst Öl einpressen — dann Vakuum — dann mit Luft nachpressen — dann Vakuum und Nachpressen mit Luft, so oft gewünscht. — 1908, Nr. 4929, Chateau und Merklen: Erst Trocknen — dann Dämpfen — dann Vakuum — Öleinpressen — Öl ablassen — mit Gas oder Dampf verteilen.

VII. Österreich. — 1872, X/111, Rütgers: Erst Dampf, dann Vakuum, dann Öl mit 6,5 Atm. Druck. — 1883, 33/392, Karner: Weinpfähle 30—40 Min. im Zylinder mit 100° heißem Teeröl. — 1885, 35 2206, Rütgers: Dämpfen bis 3—4 Atm. und 112° — abkühlen — Lauge einsaugen — Druck bis 7 Atm. für 3 Stunden. — 1907, Nr. 33751, Poliffka und Hacker: Heißes Ölbad bei Vakuum — Öl abziehen — Einpressen von heißem Öl — Vakuum. — Schweiz 44708. — 1907, Nr. 37381, Hülsberg: Wie Deutschland 212911. — 1908, Nr. 37382: Hülsberg: Weiterer Zusatz: Abwechselnd Vakuum und Luftdruck. — 1908, Nr. 38204, Hülsberg: Weiterer Zusatz: Wie Deutschland 211042. — 1908, Nr. 39011, Wolman: Wie U.S.A. 917265; Diamand: Flüssigkeitspumpe statt Luftpumpe.

VIII. Vereinigte Staaten. — 1837, Nr. 391, Knowles: Im Zylinder mit Teer und Pech kochen. — 1850, Nr. 7399, Payne: Eintauchen in Lösung — Vakuum — Druck. — 1869, Nr. 94204, Heinemann: Lösung durch Dämpfe einpressen. — 1870, Nr. 109872 und 109873, Cresson: Flüssigkeit mit warmer Luft einpressen. — 1871, Nr. 111784, Smith: Lösung durch Druck von Luft einpressen. — 1872, Nr. 124080, Pelton: Erst heiße, dann kalte Lösung einpressen. — 1881,

Nr. 247602, Boulton: Holz naß im Zylinder in Kreosot kochen — Öl einpressen. — 1885, Nr. 317440, Card: Einpressen von Teeröl — Verteilen durch zweite Flüssigkeit. — Canada 23777. — 1888, Nr. 386999, Mc. Clonie: Dämpfen in Lösung — Kochen — Zylinder mit Heizschlangen. — 1896, Nr. 553547, Tylor: Öl einpressen — Öl ablassen — Abkühlen unter Druck. — 1897, Nr. 545222, Curtis: Bei offenen Ventilen in Öl kochen, dann Druck, um Öl einzupressen. — 1902, Nr. 709799, Rüping (Reissu 12707): Gas oder Luft einpressen — Öl nachpressen mit höherem Druck — Öl ablassen — eventuell Vakuum. — 1905, Nr. 804132, Jones und Mixon: Flüssigkeit einpressen — Lösung ablassen — Luft nachpressen. — 1906, Nr. 831450, Lowry: Kreosot einpressen — Öl ablassen, Vakuum, um Überschuß zu entfernen. — Canada 102884. — 1908, Nr. 862488, Labrot: Luft einpressen — Öl nachpressen — Öl ablassen — Luftdruck zum Verteilen nachpressen. — 1908, Nr. 894061, Rütgers und Collstrop: Etwas Öl ins Holz pressen — Nachpressen und Verteilen desselben durch heiße Gase oder Dampf. — 1908, Nr. 899237, Bühler: Nicht wasserlösliche Flüssigkeit im Zylinder — erwärmen — etwas ins Holz pressen — Öl ablassen — Nachpressen mit kaltem Gas. — 1908, Nr. 899480, Bühler: Vakuum — Öl einlassen — Druck — Öl ablassen — Vakuum, um Überschuß abzusaugen — Gasdruck zum Verteilen bei hoher Temperatur. — Canada 1910, Nr. 126731. — 1909, Nr. 917265, Diamand: Lauge in Zylinder einbringen — teilweise absaugen, um Vakuum zu erzeugen — Lauge nachpressen — wieder teilweises Vakuum — wieder Druck mit Lauge. — 1909, Nr. 925292, Chateau und Merklen: Antiseptische Flüssigkeit einpressen — diese ablassen — Hilfsflüssigkeit nachpressen. — 1910, Nr. 945693, Chateau und Merklen: Öl einpressen — Verteilen durch Hilfsflüssigkeit. — 1910, Nr. 952888, Dundon: Dämpfen — Vakuum — Öl in Zylinder saugen — Holz in Öl kochen, um Wasser zu verdampfen — Druck auf Öl — Öl entfernen — Vakuum. — 1910, Nr. 992918, Smith: Vakuum — Öl einsaugen — Öl auf 105° erhitzen und dadurch Wasser aus Holz verdampfen — Öl einpressen — eventuell Vakuum, um Überschuß abzusaugen. — 1910, Nr. 1006713, Barry: Vakuum und trockene Hitze — Öl einpressen — Druck ablassen — kalte Luft durch Holz treiben. — Canada 1911, Nr. 134031. — 1910, Nr. 1008864, Rüping: Erst Öl unter Druck von 3 Atm. einpressen — Druck von Luft oder Gas — Vakuum — Gasdruck — Vakuum. — 1912, Nr. 1024864, Poliffka und Hacker: Bad von heißem Öl — teilweise Vakuum durch Absaugen von etwas Öl — Öl nachpressen — wieder Öl abziehen und Vakuum — wieder Öl nachpressen — usw. — 1912, Nr. 1028201, Ellis: Erst Öl einpressen unter Druck — Gas nachpressen unter höherem Druck.

20. Einpressen von Löchern usw., um die Eindringung von Imprägnierlösungen zu verbessern.

I. Canada. — 1904, Nr. 84977, Vlack und Harney: Löcher mit Zackenrad einpressen. — Haltenbergers Patente: Deutschland 244659. — U.S.A. 1012207 und 1018024. — Großbritannien 1910, Nr. 24483. — Frankreich 428347. — Österreich 52971. — Italien 114991. — Belgien 234485. — Ungarn 56716. — Schweiz 56652. — Portugal 7443. — Finnland 4503. — Luxemburg 8954.

II. Großbritannien. — 1907, Nr. 28355, Whitehead: Ähnlich Haltenberger.

21. Verfahren, ein Holz nur teilweise zu imprägnieren.

I. Frankreich. — 1902, Nr. 346412, Société Trenail: Mit Teeröl getränkte Hartholzdübel scharf einziehen, so daß sie etwas Teeröl an die Umgebung abgeben. — 1907, Nr. 377307, Société Trenail: Maschinelle Herstellung dieser Dübel.

II. Großbritannien. — 1907, Nr. 1636, Ohlson (Slipers A. G.): Nicht zu tränkende Stellen mit undurchlässigem Stoff überziehen.

III. Österreich. — 1905, Nr. 21612, Société Trenail: Wie Frankreich 346412.

IV. Schweden. — 1908, Slipers A. G.: Wie oben.

22. Transportable Anlagen auf Wagen.

I. Baden. — 2. V. 1877, Blythe.

II. Bayern. — 27. V. 1877, Blythe.

III. Belgien. — 1884, Nr. 64403, Löwenfeld: Wie franz. 169925.

IV. Canada. — 1903, Nr. 83659, Hanson (vgl. U.S.A.): Zum Kreosotieren.

V. Deutschland. — 1885, Nr. 34577, Löwenfeld: Anlage auf kleinen Wagen.

VI. Frankreich. — 1860, Nr. 26804, Fragneau: Anstalt auf Eisenbahnwagen. — 1864, Nr. 63326, Fragneau: Leicht transportable Boucherieanlage mit Dampfdruck. — 1864, Nr. 65686, Blythe: Zylinderanlage auf Eisenbahnwagen. — 1878, Nr. 127528, Blythe: Dasselbe wie vor. — 1884, Nr. 150362, Libert de Paradis. — 1884, Nr. 160310, Löwenfeld: Anlage auf kleinen Wagen. — 1884, Nr. 169925, Löwenfeld: Anlage auf Eisenbahnwagen.

VII. Großbritannien. — 1858, Nr. 858, Armstrong: Anlage auf Eisenbahn. — 1859, Nr. 203, Dorsett und Blythe: Tränkanlage auf Eisenbahnwagen. — 1882, Nr. 3578, Libert de Paradis: Fahrbare Anlage. — 1883, Nr. 2410, Blythe: Zylinder aus einzelnen Schüssen.

VIII. Norwegen. — 1880, Nr. 87, Blythe.

IX. Österreich. — 1879, X/920, 29/1044, Blythe: Fahrbare Anlage. — 1881, 31/1227, Libert de Paradis: Mit Teeröl und Wasserdampf. — 1882, 32/1186, Löwenfeld: Zylinder von 10,5 m Länge und 2,15 m Durchmesser, der durch Zwischenboden in 2 Zylinder geteilt werden kann. — 1883, 33/908, Kreuter: Fahrbare Anlage für Chlorzinklauge. — 1883, 33/1398, Karner: Fahrbare Anlage für Weinpfähle. — 1885, Priv. 35/933, Löwenfeld: Anlage, die in kleine Gruppen geteilt ist, entsprechend den einzelnen Operationen. — 1886, Nr. 36/2769, Klier und Illeck: Transportable Anlage.

X. Rußland. — 1887, Nr. 3758, Löwenfeld: Eisenbahnwagen. — 1889 Nr. 51, Verzeichnis Nr. 4148, Löwenfeld: Anlage wie D.R.P.

XI. Schweden. — 1880, Nr. 204, Blythe.

XII. Ungarn. — 1880, X. 929, Blythe.

XIII. Vereinigte Staaten. — 1871, Nr. 113338, Pelton: Transportable Anlage. — 1881, Nr. 249953, Kreuter: Zinkchlorid-Zylinderanlage auf Wagen. — 1903, Nr. 722505, Hanson: Imprägnieranlage für Schwellen auf Eisenbahnwagen.

23. Einzelheiten der Einrichtung von Anstalten.

I. Canada. — 1901, Nr. 71837, Bachert: Wie U.S.A. — 1906, Nr. 97935, Lowry: Wie U.S.A.

II. Großbritannien. — 1906, Nr. 17749, Ohlson (Stockholm): Neben den gewöhnlichen Rädern und Schienen im Wagen noch andere seitliche.

III. Norwegen. — 1907, Nr. ——, Slipers A. G. (Stockholm): Dasselbe wie vor.

IV. Österreich. — 1897, Nr. 47/3952, Dawu: Der Deckel des Zylinders wird durch hydraulische Kolben aufgepreßt.

V. Vereinigte Staaten. — 1885, Nr. 316461, Hansen: Holz im Zylinder am Aufschwimmen verhindern durch eine am Deckel befestigte Platte zum Niederschrauben. — 1894, Nr. 516730, Curtis: Zylinder mit Nocken, gegen welche die Rungen des Wagens beim Aufschwimmen stoßen. — 1897, Nr. 570746, Curtis: Am Boden Klammern, welche unter eine am Zylinder befestigte Leitschiene stoßen. — 1901, Nr. 666915, Bachert: Gebogene Eisenbänder werden von außen auf die Hölzer niedergeschraubt. — 1904, Nr. 805214, Lowry: Rungen. — 1905, Nr. 847826, Rollins und Neff: Wagenplattform in die Unterkante der Räder gelegt.

24. Umrühren der Imprägnierungsflüssigkeit.

I. Belgien. — 1902, Nr. 162020, Ferrel: Wie Großbritannien.

II. Frankreich. — 1863, Nr. 57045, Maréchal: Erst Eisensulfatlösung einpressen, dann Teer. Die Lösung heftig schütteln. — 1885, Nr. 169944, Boucherie: Lösung einpressen, während sie durch Luft oder Gas aufgepeitscht wird.

III. Großbritannien. — 1887, Nr. 734, Royle: Imprägnieren. Umrühren

durch Pumpen. — 1902, Nr. 5873, Ferrel: Lösung im Bassin erhitzen und durch eine Pumpe zirkulieren lassen.

IV. Schweiz. — 1904, Nr. 32184, Fraisse für Morat: Im Imprägnierzylinder senkrechte und wagerechte Rohre mit Löchern. — 1907, Nr. 41800, Fraisse: Im Zylinder wird die Lauge oben abgesaugt und unten wieder eingedrückt.

V. Vereinigte Staaten. — 1907, Nr. 815404, Card: Lösung im Imprägnierzylinder zirkulieren lassen.

25. Imprägnierung des Holzes mit Gasen und Rauch.

I. Australien. — 1866, Nr. 20021, Giles: Wie Frankreich 72613.

II. Belgien. — 1870, Nr. 27551, Blythe: Wie England 1870, Nr. 1041. — 1873, Nr. 33435, Blythe: Wie Frankreich 100832.

III. Canada. — 1873, Nr. 2316, Oliver: Dampf von Kupfervitriol und Alaun. — 1877, Nr. 7902, Robbins.

IV. Dänemark. — 1908, Nr. 11356, für Resonanzholz Rauch von Laub, Rinde usw.

V. Deutschland. — 1877, Nr. 2172, Blythe: Dampf mit Teerölgasen. — 1879, Nr. 10423, Blythe: Imprägnieren mit karburiertem Wasserdampf. — 1882, Nr. 20043, René: Holz mit Ozon behandeln. — 1892, Nr. 98230, Zach: Resonanzbodenholz mit Leuchtgas imprägnieren. — 1894, Nr. 76877, Seemann: Einleiten von schwammtötenden Gasen. — 1905, Nr. 189232, Berlin-Anhaltische Maschinenfabrik: Imprägnieren mit den heißen, von der Teervorlage der Gasanstalt kommenden Gasen.

VI. Frankreich. — 1836, Nr. 10713, Bronner: Holz im Eisenzylinder mit Dämpfen von Eupion und Kreosot behandeln. (Engl. Moll.) — 1857, Nr. 19370, Thibierge: Leuchtgas. — 1861, Nr. 50342, Deckher: Räuchern. — 1864, Nr. 61613 Lion: Vakuum, Trocknen durch Hitze, Nachbehandeln mit Kohlensäure. — 1864, Nr. 65685, Bethell: Wie England 1864, Nr. 3192. — 1866, Nr. 72613, Giles: Dämpfe von Teeröl oder Harz. — 1869, Nr. 84654, Blythe: Verbesserungen am Zylinder. — 1870, Nr. 90146, Blythe: Erst nach Robins Prozeß mit Gasen imprägnieren, dann in heißes Ölbad tauchen. — 1870, Nr. 90184, Blythe: Imprägnierung nach Boucherie. An einem Ende des Stammes Vakuum, am anderen Druck von Teer- usw. Dämpfen. — 1872, Nr. 96953, Blythe: Teerdämpfe mit Wasserdampf. — 1873, Nr. 100832, Blythe: Mit karburiertem Wasserdampf imprägnieren. — 1876, Nr. 111420, Andouard: Anwendung von Rauch. — 1876, Nr. 112576, Blythe: D.R.P. 2072. — 1878, Nr. 127528, Blythe: Anlage auf Eisenbahnwagen. — 1882, Nr. 150362, Libert de Paradis: Erst nasser Dampf, dann trockener Dampf, dann Dämpfe von Teeröl. — 1883, Nr. 155963, Blythe: Dampf von Wasser und Kohlenwasserstoffen. — 1885, Nr. 150362, Libert de Paradis: Zusatz. — 1885, Nr. 166545, Collings: England 1885, Nr. 833. — 1908, Nr. 403022, Pagès: Dämpfe von Gerbsäure, dann Gase von Holzteer und Teeröl nachpressen.

VII. Großbritannien. — 1836, Nr. 6983, Franz Moll: Dämpfe von Eupion und Kreosot. — 1846, Nr. 2034, Robbins (U.S.A.): Dämpfe von Harz, Teer usw. — 1860, Nr. 665, Maugles: Chlor. — 1863, Nr. 348, Clark: Kohlenoxyd mit Luft. — 1863, Nr. 2535, Stuber: Verbrennungsgase. — 1864, Nr. 3192, Bethell: Gase von Kohlenwasserstoffen. — 1868, Nr. 3352, Sautter: Gase von Kohle, Holz, Harz oder Mineralölen. — 1870, Nr. 1041, Blythe: Dämpfe von Kohlenwasserstoffen. — 1871, Nr. 1046, Norfolk: Verbrennungsgase von Holzmehl. — 1873, Nr. 3436, Blythe: Kohlenwasserstofföle mit Wasser gekocht: karburierter Dampf. — 1876, Nr. 2651, Blythe. — 1878, Nr. 3261, Gardner: Alkalische oder saure Dämpfe, dann Quecksilberdämpfe. — 1878, Nr. 5222, Blythe. — 1879, Nr. 2244, Blythe. — 1882, Nr. 3578, Paradis; Teerdämpfe. — 1883, Nr. 2410, Blythe: Wie D.R.P. 2272. — 1885, Nr. 833, Collings: Imprägnierzylinder mit Ölreservoiren im Boden. Das Öl wird durch Dampfschlangen vergast. — 1909, Nr. 14869, Whirter: Imprägnierzylinder und Vergasungskessel.

VIII. Indien. — 1874, Nr. 810, Blythe. — 1874, 11. IV., Blythe. — 1877 2. VIII., Blythe.

IX. Luxemburg. — 1865, Nr. 219, Dorsett und Blythe.

X. Österreich. — 1869, Nr. IV/31, Robbins. — 1870, Nr. X/10, Rauter: Rauch von Meilern. — 1870, Nr. X/40, Blythe: Dampf von Leichtöl und Schweröl. 1870, Nr. X 66, Blythe: Dampf von Holzteer. — 1870, Nr. IV 73, gleich 20 500, Libert de Paradis. — 1872, Nr. X/285, Schmidt und Rauter: Holzessigsäure-Zinklösung und dann räuchern. — 1874, Nr. X/322, gleich 24/278, Blythe. — 1875, Nr. IX 454, gleich 25 513, Blythe. 1876, Nr. X 600, gleich 26 929, Blythe: Apparat. 1876, Nr. 26 929, Blythe. 1879, Nr. X 920, gleich 29 1044, Blythe: Fahrbare Anlage. — 1879, Nr. X/859, gleich 29/273, Libert de Paradis: Neu sind: 1. Dampf von Wasser und Teer, 2. Dampfpumpe, 3. Abkühlungskammer. — 1880, Nr. 30 941, Hanseli: Dampf von Teeröl mit Kreosot. 1881, Nr. 31 1227, Libert de Paradis: Fahrbare Anlage. — 1883, Nr. 33/199, Fränkel: Dampf von Gerberlohe, Eisenazetat und Bleizucker. — 1884, Priv. 34/1038, Blythe: Thermokarbolisation. — 1898, Nr. 48/1057, Zach (D.R.P.).

XI. Portugal. — 1869, Nr. 204, Robbins.

XII. Rußland. — 1875, Nr. 70, Blythe.

XIII. Schweden. — 1893, Nr. 4826, Lundberg: Oxydierende Gasmischung, wie Ozon.

XIV. Spanien. — 1877, Nr. 20, Blythe.

XV. Ungarn. — 1879, Nr. X/929, Blythe: Fahrbare Anlage. — 1879, Nr. XVIII/995, Blythe: Fahrbare Anlage. — 1905, Nr. 44022, Berlin-Anhaltische Maschinenfabrik: Wie D.R.P.

XVI. Vereinigte Staaten. — 1865, Nr. 47132, Robbins: Dämpfe von Ölen, wie Teer usw. — 1867, Nr. 64703, Pustkuchen: Imprägnierzylinder mit Mantel für Wasserheizung. — 1867, Nr. 65545, Constant: Holzteerdämpfe. — 1868, Nr. 78514, Calkins: Dämpfe. — 1868, Nr. 79554, Cresson: Gase von Teer, Harz usw., dann heißes Bad von Karbol oder Pech oder Paraffin. — 1868, Nr. 84733, Cowling: Dampf von Wasser mit den Gasen von Antiseptics. — 1869, Nr. 86808, Bridge: Kohlenwasserstoffdämpfe mit Salzen. — 1869, Nr. 87226, Voorhees: Zylinder zum Imprägnieren mit Gasen von Teer. Verdampfungsofen. — 1869, Nr. 94626, Mc. Nair: Anlage von 2 Zylindern. Nach der Imprägnierung mit Harz anstreichen. — 1870, Nr. 102725, Stevan: Gase von Ölen. — 1870, Nr. 109872, Cresson: Dämpfe von Tannin oder Tannin und Teer. — 1871, Nr. 113706, Thomas, Anlage für Imprägnieren nach Robbins Prozeß. — 1871, Nr. 115946, Fielder: Apparat für Robbins Prozeß, Holz mit Gasen von Kreosot behandeln. Gemauertes Gewölbe. — 1873, Nr. 142347, Oliver: Dampf, der durch Kupfervitriol, Zinksulfat und Alaun gegangen ist. — 1883, Nr. 313913, Blythe: Wie D.R.P. 2172. 1894, Nr. 522284, Bate: Erst geölter Dampf, dann Pottaschelösung und dann Dämpfe, welche durch Verbrennen von Kohle, Kochsalz und Schwefel gewonnen werden. — 1905, Nr. 803531, Gröndal: Räuchern. — 1906, Nr. 818979, Scheele: Antiseptische Lösung am Boden des Zylinders berührt nicht das Holz. Sie wird zum Kochen gebracht.

XVII. Victoria. — 1890, Nr. 8142, Findley: Dampf von Kalkwasser.

26. Einführen des Öles etc. in zerstäubtem Zustande.

I. Belgien. — 1875, Nr. 39713, Blythe: Wie Frankreich 100832. — 1876, Nr. 40943, Blythe: Wie Frankreich 100832.

II. Deutschland. — 1906, Nr. 195878, Berlin-Anhaltische Maschinenfabrik: Imprägniermittel durch Düse zerstäuben und einpressen.

III. Frankreich. 1859, Nr. 22876, André: Öl einspritzen. — 1877, Nr. 120317, Andrews: Einpressen eines Gemisches der Flüssigkeit mit Luft. — 1892, Nr. 220711, Labbé: Teeröl in zerstäubtem Zustande durch Dampf einpressen.

IV. Großbritannien. — 1896, Nr. 7032, Fireproof Co. (N. Y.): Trocknen durch Vakuum und Dämpfen, dann Lösung durch Sprinkler einsaugen. 1903, Nr. 27426, Caffal und Spackhill: Komprimierte Luft und Imprägnierlösung aus Sprühdüsen.

V. Österreich. — Nr. 35866: Wie Deutschland.

VI. Schweiz. — 1896, Nr. 14105, Fox: Wie England 1896, Nr. 7032.

VII. Vereinigte Staaten. — 1870, Nr. 109872/3, Cresson: Kombinierter Schauer von Flüssigkeit und Strom von warmer Luft. 1896, Nr. 557271, Howard:

Öl in den Zylinder in fein zerstäubtem Zustande einführen und dann allmählich den Zylinder mit Öl anfüllen. — 1901, Nr. 676060, Willner: Antiseptikum durch kleine Löcher im starken Strahl auf das Holz spritzen.

27. Salze zum Imprägnieren (außer „Salzgemischen" und den Salzen des Fluors).

I. Belgien. — 1847, Nr. 3421, Lafollie: $CuSO_4$-Lösung. — 1847, Nr. 3429, Knab: Kupfervitriol. (Frankreich 2206) - 1853, Nr. 6841, Dering: Franz. 9070. — 1854, Nr. 6868, Legros: Franz. 9800. — 1856, v. 20. VIII., Jackson: Franz. 16362. — 1861, Nr. 10298, Beckmann. — 1866, Nr. 20391, Manne. — 1870, Nr. 27230, Tack. — 1870, Nr. 27671, Tack und Vasseur. — 1900, Nr. 161048, Ferrel: Aluminiumsulfat und Rückstand von Karbonaten. — 1902, Nr. 161292, Flamache: Bariumsalz mit organischen Säuren. — 1905, Nr. 187725, Herre: Franz. 369985. — 1907, Nr. 200127, Himmelsbach: Kyanisieranlage. — 1908, Nr. 210675, Diamand: Salze in Brikettform. — 1909, Nr. 213234, Chloride Elektr. Storage Co.: Ätzkali in Alkohol.

II. Britisch Indien. — 1861, Nr. 70, Jackson: Verfahren.

III. Canada. — 1856, Nr. 634, Tomkins. — 1901, Nr. 73431, Lawrence: Wie U.S.A. Nr. 683363. — 1910, Nr. 126669, Watson: Eisenkarbonat. — 1910, Nr. 126670, Watson: Eisenazetat. — 1910, Nr. 127420, Hartmann und Schwerdtner: D.R.P. — 1910, Nr. 135558, Illingworth: Wie U.S.A. Nr. 1025628.

IV. Dänemark. — 1904, Nr. 6318, Albrechtson: Kochsalz mit Chilesalpeter. — 1910, Nr. 13681, Hartmann und Schwerdtner: D.R.P.

V. Deutschland. — 1878, Nr. 8166, Franks: Kalkmilch und Urin. — 1885, Nr. 33700, Röper: Kalkmilch, Urin und Soda. — 1900, Nr. 119574, Beddies: Abkochung von Torferde mit antiseptischen Salzen. — 1908, Nr. 228513, Hartmann und Schwerdtner: Natriumzinkat. — 1908, Nr. 232380, Nördlinger: Schwefelarsen, Arsensäure, Chromsäure mit Ammoniak.

VI. Frankreich. — 1832, Nr. 8899, Sterling (London): Sublimat 1:20. — 1838, Nr. 11308, Ardouin: Kupfersalze. - 1840, Nr. 11732, Bourdon: Lösung von: Bleioxyd oder Zinkoxyd; Sulfat von Cu oder Fe, Zn, Ca, Mg, Ba, Al, Na; Karbonat von Na oder Ba; schweflige Säure, Teersäure, Öle, Harz; Kalkwasser, Salpeter, Sublimat, Gerbsäure. — 1844, Nr. 330, Mermet: Eisensulfat oder Kupfersulfat. — 1846, Nr. 2206, Knab: Kupfervitriol. — 1847, Lafollie: $CuSO_4$. — 1848, Nr. 3560, Hoené und Wronsky: Alaunlösung, Öl und Eisenoxyd. - 1853, Nr. 9070, Dering: Abfall galvanischer Batterien: Zinksulfat und Zinkchlorid. 1854, Nr. 9800, Legros: Manganchlorid mit Kreosot. - 1854, Nr. 9815, Lemoinier: Strontiumsulfat. — 1853, Nr. 12331, Réal: Zinkchlorid und Zinksulfat oder Alaun mit Schwefel oder Calcium-, Eisen- und Kupfersulfat. — 1855, Nr. 13893, Pouillet: Alkalien. - 1856, Nr. 15169, Crasset: Calciumsulfid. - 1856, Nr. 16362, Jackson: Zinkchlorid und Ferrichlorid. — 1858, Nr. 21645, Casult: Zinksilikat. — 1861, Nr. 50393, Rattray: Alkalisulfidlösung. — 1863, Nr. 57375, Fumet und Dejort: Kochsalz oder Seesalz. - 1863, Nr. 60268, Vannequé: Kalkmilch, Kupferoxyd, Kupfervitriol, Eisensulfat, Schwefel, Alaun und Knoblauch. — 1864, Nr. 61386, Bazin: Erst Alaun, dann Metallsalz. - 1864, Nr. 65456, Abramovicz: Metallsilikat. - 1864, Nr. 65601, Megret: Alaun, Zinksulfat. - 1865, Nr. 69799, Vannequé: Kupfervitriol, Pottasche, Alaun, Kalk und Seesalz. — 1870, Nr. 90367, Tack: Barium- oder Strontiumsulfat oder Hyposulfit. - 1873, Nr. 103622, Pereire: Mutterlaugen von Salinen. — 1874, Nr. 104352, Richard: Kochsalzlösung. — 1874, Nr. 105181, Rogé: Bleisalze. — 1875, Nr. 107215, Richard: Kochsalz mit Alaun. — 1876, Nr. 115976, Poussier: Aluminiumborat. — 1877, Nr. 125963, Gouillon: Essigsaures oder holzessigsaures Cu, Ca, Zn, Ba. — 1878, Nr. 125979, Escalonne: Holzessigsaure Salze. — 1878, Nr. 135802, Franks: Kalkmilch und Urin. — 1882, Nr. 151818, Burq: Salze des Eisens, Kupfers und Zinks. - 1883, Nr. 159098, Koch und Herre: Eisensulfat, Kochsalz und Alaun. — 1886, Nr. 179220, Ettlinger: Pyrolignit des Eisens und Calciumchlorid. - 1890, Nr. 209880, Maucion: Eisensulfat oder Nickelsulfat mit Karbol und Arsenik. — 1891, Nr. 217919, Martha: Erst schwach gesäuertes Wasser, dann Salpetersäure ver-

dünnt, endlich ein Firnis. — 1897, Nr. 266309, Bianchi: Aluminiumsalze. — 1898, Nr. 279052, Penières: Formollösung. — 1901, Nr. 305853, Beddies: D.R.P. — 1902, Nr. 348477, Waneck: Salze in Ketonen, wie Azeton, gelöst. — 1906, Nr. 369985, Herre: Hölzer in Lösung kochen und abkühlen lassen. — 1907, Nr. 411379, Hartmann und Schwerdtner: Wie D.R.P. — 1908, Nr. 417595, Blavinhac: Kupferazetat und Kupfersulfat. — 1909, Nr. 436589, Lindemans: Alkali- oder Erdalkalisulfidlösung.

VII. Großbritannien. — 1791, Pat.: Eisenvitriol, Kupfervitriol. — 1801, Grasnan: Auszug von Humuserde. — 1816 und 1826, Forster: Kochsalz. — 1832, Nr. 6253, Kyan: Quecksilberchlorid. — 1836, Nr. 7001, Kyan: Dasselbe. Anordnung des Tanks. — 1838, Nr. 7747, Burnett: Zinkchlorid. — 1847, Lafollie: $CuSO_4$. — 1853, 28. III., Dering: Abfallauge von galvanischen Batterien. — 1856, Nr. 1598, Condy: Kalium- oder Natriumpermanganat. 1858, Nr. 1395, Broomann: Kupfervitriol. — 1858, Nr. 2566, Clark: Zinksilikat, Ätzkalk, Kupfervitriol und Rhodiumsulfat. 1859, Nr. 1708, Orioli: Aluminiumhypochlorid. — 1860, Nr. 2731, Cobley: Gebranntes Kupfererz mit Magnesium- oder Natriumchlorid. — 1862, Nr. 1625, Payras: Zinkchlorid und Zinksulfat. — 1862, Nr. 2759, Chatwood: Kupfersulfat, Eisensulfat, Ammoniumsulfat oder Alaun. — 1862, Nr. 3127, Townsend: Magnesium- oder Calcium- oder Natriumchlorid mit Chlorid oder Sulfat des Zinns, Zinks oder Kupfers usw. — 1863, Nr. 243, Barlow: Heiße Metallsalzlösung. — 1866, Nr. 35, Clark: Angesäuertes Wasser. — 1866, Nr. 2245, Manne (Paris): Kupfervitriol, Pottasche, Alaun und Kalk. — 1869, Nr. 3174, Spice: Calciumchlorid. — 1871, Nr. 2144, Gedge: Kochsalz und Alaun. — 1873, Nr. 640, Fremlin: Calciumbisulfat. — 1873, Nr. 1010, Fremlin: Schweflige Säure. — 1874, Nr. 1526, Knowles: Abkochung von Torf. — 1875, Nr. 1126, Gardner: Eisen-, Kupfer- oder Zinksulfat. — 1875, Nr. 2144, Gedge: Kochsalz oder Kochsalz mit Alaun. — 1876, Nr. 1186, Sainsbury: Alaun, Kupfervitriol, Natriumbromid und Natriumjodid. — 1876, Nr. 4363, Alexander: Bleisulfat, Ammonphosphat, Calciumchlorid, Sublimat und Natriumkarbonat. — 1878, Nr. 2002, Food: Kali- oder Natronlauge, Salpeter, Zucker, Natriumchlorat und Phosphor. — 1880, Nr. 2828, Engel: Kalkwasser und Urin. — 1880, Nr. 4026, Lake: Sulfat von Eisen oder Kupfer oder Zink. — 1883, Nr. 5519, Egestorff: Wasser mit gebranntem Kalk und Urin oder Wasser mit Kalk und Natriumphosphat. — 1883, Nr. 5855, Koch und Herre: Eisensulfat, Kochsalz und Alaun. — 1884, Nr. 15923, Alexanderson: Alaun oder Aluminat des Chroms oder Eisens. — 1886, Nr. 5994, Maucion: Arsenik und Phenol. — 1889, Nr. 13203: Sublimat, Ammonchlorid, Seife, Methylalkohol, Terpentin und Wasser. — 1900, Nr. 23040, Beddies: Wie D.R.P. — 1904, Nr. 18699, Pryor: Eisensulfat, Salzsäure und Sublimat mit Wasser. 1908, Nr. 13792, Eberhard: Wasserglas mit Chromsalzen und Metallbasen. — 1910, Nr. 3740, Hartmann und Schwerdtner: D.R.P. — 1910, Nr. 10173, Crocker: Überlegbalken über Bassin. — 1910, Nr. 19172, Midleton: Zinkchlorid und Aluminiumsulfat.

VIII. Italien. — 1886, Nr. 1444, Ettlinger. — 1900, 7. V., Gualco: Gualzinchite (?). — 1910, Nr. 108045, Hartmann und Schwerdtner.

IX. Luxemburg. — 1910, Nr. 8329, Hartmann und Schwerdtner.

X. Niederlande. — 1860, Nr. 311, Elst und Smits: Kupfervitriol.

XI. Norwegen. — 1878, Nr. 19, Loevig und Filsinger. — 1904, Nr. 13305, Cowles: Wie Österreich.

XII. Österreich. — 1827, Lafite: Kalkwasser. — 1832, Galster: Kalk. — 1872, Nr. X/111, Guido Rütgers: Chlorzinklauge. — 1872, Nr. X/181, Guido Rütgers: Quecksilbersublimatlösung im Kessel. — 1872, Nr. X/182, Guido Rütgers: Sublimatlösung. — 1872, Nr. X/216, Christoph Haller: Bleiwasser. — 1873, Nr. X/285, Georg Schmidt und Georg Max Rauter: Holzessigsaures Zink. — 1877, Nr. 27/846 (X/692), Roge, Poret, Bassoy, Dupré: Bleioxydkalk oder Bleioxydnatron oder unterschwefligsaures Bleioxyd oder ammoniakalische Bleisalzlösungen oder basische essigsaure Bleisalze oder basische holzessigsaure Bleisalze. — 1886, Nr. 36/481, Maucion: Wie Frankreich. — 1898, Nr. 48/3728, Diamant: Kalkwasser und Schwefelsäure. — 1898, Nr. 48/5664, Franz Richter: Trinitrophenol mit Kaliumoxydhydrat. — 1898, Nr. 48 5722, Karl Petraschek: Borsäure, Borax, Eisendrehspäne. — 1901, Nr. 5791, Beddies: D.R.P. — 1906,

Nr. 26358, Cowles: Doppeltkohlensaures Natron. — 1910, Nr. 46661, Hartmann und Schwerdtner: D.R.P.

XIII. Rußland. — 1899, Nr. 2383, Kantor: Aluminiumsulfat oder Aluminiumnatriumsulfat. — 1905, Nr. 10307, Wegner: Heringslake.

XIV. Sachsen. — 1875, Nr. 4145, Häbler und Klötzer: Lösung.

XV. Schweden. — 1856, 29. IV., Wennerström: Verfahren. — 1872, 12. II., Petri: Calciumsilikate. — 1878, Nr. 6, Simonsson. — 1885, Nr. 13, Alexandersson: Alkalische Tonerde und Eisen oder Chromsalze. — 1885, Nr. 247, Alexandersson: Zusatz. — 1895, Nr. 6889, Poulson: Wasserglas und Sublimat. — 1904, Nr. 17899, Cowles: Wie Österreich.

XVI. Schweiz. — 1907, Nr. 40078, Himmelsbach: Kyanisieranlage. — 1909, Nr. 50988, Hartmann und Schwerdtner: D.R.P.

XVII. Ungarn. — 1901, Nr. 21556, Beddies. — 1906, Nr. 36840, Horack: In Metallsalzlösungen kochen.

XVIII. Vereinigte Staaten. — 1833, Nr. 238, Morgan: Kalkwasser. — 1838, Nr. 800, Kyan: Sublimatlösung. — 1834, Nr. 810, Shepherd: Holzessig oder Eisensulfat oder Alaun oder Kochsalz. — 1838, Nr. 877, Ringold: Holz in Kalkwasser kochen. — 1838, Nr. 934, Earle: Calciumsulfat und Eisensulfat. — 1860, Nr. 29363, Dain: Salz, Lauge und Terpentinspiritus. — 1865, Nr. 48636, Hamar: Eisensulfat. — 1867, Nr. 65674, Houghton: Salpeter, Alaun, Eisensulfat und Wasser. — 1867, Nr. 68069, Harding: Wasser mit calciniertem Kalk, Arsensäure, Kochsalz, Calciumsulfat. — 1868, Nr. 81172, Jaeger: Zinkoxyd und Kupfervitriol. — 1877, Nr. 188058, Akerhielm: Eisenvitriol. — 1879, Nr. 231419, Frank: D.R.P. — 1881, Nr. 239033, Dixon und Card: Bleichlorid. — 1883, Nr. 277810, Teachman: Zinksulfat, Natriumhyposulfit, Kupfervitriol und Kaliumchlorat. — 1885, Nr. 319100, Konrad: Ammonsulfat, Ammonkarbonat, Borax, Sublimat, Pfefferminz, Karbol, Natriumwolframat und Calciumchlorid. — 1888, Nr. 387375, Speitz: Schwefel und Quecksilber. — 1888, Nr. 388810, Beesly: Kaliumhydrat, Kaliumchlorat, Manganoxyd und Kaliumchlorid. — 1890, Nr. 419582, Card: 2% Zinkchlorid und 1:1000 Sublimat. — 1891, Nr. 461365, Mc. Keon: Eisensulfat und Anstrich. — 1893, Nr. 506493, Hall: Alkalihydrat mit Alkalikarbonat und Alkalialuminat, -silikat, -chromat, -arseniat, -sulfit. — 1897, Nr. 606702, Blodgett: Eisensulfat, Natriumsulfid, Natriumnitrat, Kochsalz. — 1900, Nr. 626435, May: Natriumbenzoat, Calciumsulfid, Boroglyzerin, Weinsteinsäure und Holzessig. — 1901, Nr. 683363, Lawrence: Kochsalz, Arsensäure, Sublimat, Kaliumnitrat und Kupfersubazetat. — 1903, Nr. 746678, Cowles: Doppeltkohlensaures Natron. — 1903, Nr. 764913, Chapman: Schwefelsäure, Sublimat und Salizylsäure. — 1903, Nr. 782252, Kudysch: Kalkazetat. — 1906, Nr. 839551, Chapman: Schwefelsäure. — 1910, Nr. 934770, Hall: Alkalische Phlobaphenelösung (Gerbmehllösung). — 1910, Nr. 939273, Woodblight und Later: Ferriarseniat, Calciumarseniat oder Kupfer oder Natriumarseniat und Calcium-, Natrium-, Kalium- oder Kupferhydroxyd und Natriumsulfid. — 1910, Nr. 974962, Hartmann und Schwerdtner: D.R.P. — 1911, Nr. 1001657, Long: Kochsalz, Calciumsulfat, Zinksulfat und Eisensulfat. — 1911, Nr. 1025628, Illingworth: Kalkwasser. — 1912, Nr. 1022064, Curtis: Natriumkarbonat und Natriumsilikat zusammenschmelzen.

XIX. Württemberg. — 1862, 24. IX., Mayer: Imprägnierverfahren.

28. Boucherieverfahren.

I. Belgien. — 1909, Nr. 213925, Dongries: Nach Boucherie-Verfahren dämpfen. — 1910, Nr. 230138, Bedon und Colombier: Imprägnierverfahren.

II. Canada. — 1901, Nr. 130380, Gaslock: In das Stammende Loch bohren, erst Dampf und dann Imprägnierlauge einpressen. — 1901, Nr. 131480, Gaslock: In das Loch Schlauchmundstück, durch welches Lauge zugeführt wird.

III. Deutschland. — 1891, Nr. 59089, Kment: Platte mit scharfem Ring. — Ebenso Österreich Nr. 41/2255. — 1891, Nr. 65661, Porr: Platte mit Gummiring. — Ebenso Frankreich Nr. 216993. — Österreich Nr. 42/308. — Ungarn Nr. XXVI 881. — 1894, Nr. 75805, Drittler: Lösung an einem Ende eingedrückt, am anderen abgesaugt. — 1898, Nr. 97578, Lebioda: Holz auf Siebplatte gestellt.

— Ebenso Frankreich Nr. 274265. Österreich Nr. 48 1480. Schweiz Nr. 16967. — Spanien Nr. 24996. — Belgien Nr. 129364. — Luxemburg Nr. 3778. — 1898, Nr. 98913, Lebioda: Zusatz: Deckel zum Niederschrauben. — Ebenso England 1898, Nr. 7105. — U.S.A. Nr. 609442. — Schweiz Nr. 17597. — Österreich Nr. 48 1266. Rußland Nr. 3445. — Belgien Nr. 133364. — Luxemburg Nr. 3818. — 1899, Nr. 110422, Lebioda: Zylinder mit Kolben, deren jeder zwischen die Hölzer eingespannt werden. Ebenso Canada Nr. 69001. Frankreich Nr. 291931. — England 1899, Nr. 19362. — U.S.A. Nr. 644252. — Österreich Nr. 3674. Schweiz Nr. 20191. Italien Nr. 49886, 9. I. 1899; 13. I. 1899; 16. XII. 1899. — Finnland Nr. 1136. Schweden Nr. 10885. Norwegen Nr. 8047. Dänemark Nr. 3173. — Rußland Nr. 5245. — Spanien Nr. 25045. — Belgien Nr. 138637, 144573, 148419. — Luxemburg Nr. 4032. — 1900, Nr. 114277, Lebioda: Ähnlich wie vor. — Ebenso Canada Nr. 70002. — Frankreich Nr. 293358. — England 1900, Nr. 5193. U.S.A. Nr. 655788. — Österreich Nr. 5030. — Ungarn Nr. 20909. — Schweiz Nr. 21888. — Italien Nr. 53084, 78689; 9. II. 1900; 28. VII. 1900. Schweden Nr. 11886. Norwegen Nr. 8842. Dänemark Nr. 3562. Portugal Nr. 3551. — Rußland Nr. 6021. — Spanien Nr. 26032. — Belgien Nr. 155988. — Luxemburg Nr. 4426. — 1900, Nr. 120809, Pfister: Gummidichtung über die Stirnfläche. — Ebenso Österreich Nr. 7489. — Belgien Nr. 145047. — Italien Nr. 52964. 1900, Nr. 128197, Lebioda: Weitere Ausgestaltung des Pat. 114277. — Ebenso Frankreich Nr. 297951. — England 1901, Nr. 10448. U.S.A. Nr. 689317. — Österreich Nr. 8180. — Ungarn Nr. 23255. — Schweiz Nr. 24239. — Italien Nr. 53470, 82509. — Finnland Nr. 1299. — Schweden Nr. 13417. — Norwegen Nr. 10122. — Dänemark Nr. 4475. — Rußland Nr. 7132. — Spanien Nr. 27910. — 1902, Nr. 142904, Brenner: Behälter mit elastischem Kragen. — Ebenso Canada Nr. 82142. — England 1902, Nr. 14518. — U.S.A. Nr. 735015. — U.S.A. Nr. 708069. — Österreich Nr. 15500. — Schweiz Nr. 24582. Belgien Nr. 162327. Italien Nr. 63165, 94568, 101547. — Norwegen Nr. 17112. 1903, Nr. 146133, Brenner: Färbe Schablonen. Ebenso Dänemark Nr. 5123. — Norwegen Nr. 11160. — Schweden Nr. 15209. — Belgien Nr. 162327. — 1903, Nr. 154544, Pfister: Schablonen in das Holz einpressen. — 1903, Nr. 162784, Kron: Kappe mit anzupressendem Gummischlauch. Ebenso England 1904, Nr. 9175. — Dänemark Nr. 7928. — 1903, Nr. 167114, Kron: Zusatz. — Ebenso Österreich Nr. 26052. — Norwegen Nr. 14391. — 1904, Nr. 147640, Pfister: Zusatz zu Nr. 142904: Kegelförmiger Kragen. Ebenso Norwegen Nr. 12378. — Dänemark Nr. 6105. — Finnland Nr. 2052. — Schweden Nr. 18417. — 1904, Nr. 159631, Valès und Bastien: Das untere Ende von Stangen zu imprägnieren. — Ebenso Frankreich Nr. 304906. — Belgien Nr. 171494. — 1904, Nr. 169182, Kron: Abdichtung durch Blei usw. — Ebenso England 1905, Nr. 20791. U.S.A. Nr. 803603. — Schweden Nr. 19317. — Finnland Nr. 2312. — Belgien Nr. 179773. — Ungarn Nr. 40684. — 1904, Nr. 172965, Kron: Zusatz: Stopfbüchse. — Ebenso Frankreich Nr. 358602. — 1905, Nr. 176527, Spielmann: Kappe aus zwei Teilen. — Ebenso Schweden Nr. 20660. Dänemark Nr. 10040. 1906, Nr. 169343, Kron: Zusatz. — Ebenso Österreich Nr. 26040. — Norwegen Nr. 14299. — Finnland Nr. 2422. — Dänemark Nr. 7690. — Rußland Nr. 11638. — Belgien Nr. 187724. — 1906, Nr. 191453, Kresse: Kappe mit Gummiring. — 1907, Nr. 208504, M. Boucherie: Im Zylinder wird das Holz mit undurchlässiger Masse umgossen, so daß die Lösung nur längs durch kann. Ebenso Italien Nr. 93580. Belgien Nr. 205445. — Dänemark Nr. 11482. — Rußland Nr. 16148. — Frankreich Nr. 114315. — Norwegen Nr. 18705. — Schweiz Nr. 43805. — Schweden Nr. 27028. 1907, Nr. 208661, Söllinger (Kopfer): Lösung sowohl längs als von der Seite in das Holz einpressen. — Ebenso Italien Nr. 88798. — Belgien Nr. 199942. — Rußland Nr. 14622. U.S.A. Nr. 910546. — Österreich Nr. 32640. — Dänemark Nr. 10958. Norwegen Nr. 17180. Portugal Nr. 5893. — Luxemburg Nr. 6831. — Frankreich Nr. 379065. — England 1907, Nr. 11514. — Schweiz Nr. 39759. 1909, Nr. 212400, Pärr und Kopetz: Platte auf Schlitten bewegt. — Ebenso England 1905, Nr. 21912. Österreich Nr. 35594. — Ungarn Nr. 46453. — 1909, Nr. 213864, Kramer: Dämpfen auf dem Längswege. 1910, Nr. 247651, Pfister: Farbstoff in Breiform. Dann wird Wasser durchgepreßt.

IV. Frankreich. — 1838, Nr. 11061, Boucherie: Vom lebenden Stamm

Kupfervitriol oder Zinksulfat oder Azetat von Kupfer oder Eisen oder Zink, Sublimat, Arsen usw. aufsaugen lassen. Ebenso Österreich, Delbos 1839. — Sardinien vom 31. XII. 1855. — Rußland, Delbos 1839, Nr. 167 und 1841, Nr. 217. — Schweden vom 22. II. 1856. — 1840, Nr. 11737, Bourdon: Erst nach Boucherie tränken und dann mit Gerbsäure anstreichen. 1846, Nr. 2419, Renard-Perin: An einem Ende Vakuumpumpe, am anderen Ende des Stammes Druckpumpe. Ebenso Belgien 1847, Nr. 3435. — 1853, Nr. 8393, Penieres: An einem Ende des Stammes Vakuum. — 1854, Nr. 11335, Boucherie. — Ebenso Österreich 3. XI. 1855. — 1855, Nr. 12419, Boucherie: Wie 2419. — Ebenso Belgien vom 15. VI. 1855. — Österreich 1856. 1856, Nr. 15514, Barlow: Verbindung von Boucherie mit Zylinderimprägnierung. Erst Lösung, dann Luft durchpressen. — 1856, Nr. 15520, Trottier: Stamm aufrecht in ein Bassin stellen, dann Lösung im Bassin erwärmen. — 1857, Nr. 19606, Legé: Das Lösungsgefäß kann gehoben und gesenkt werden. — Ebenso Rußland 1858, Nr. 647. — Sardinien 30. VI. 1858. — Österreich 16. V. 1858. — Belgien Nr. 8039. — 1859, Nr. 22876, André: Anlage. — 1862, Nr. 55795, Vidal: Platte mit scharfem Rand. — 1864, Nr. 63326, Fragenau: Statt Turm Druckpumpe. Anlage fahrbar. 1865, Nr. 68986, Bazin: Ein Ende der Stange ragt aus dem Zylinder heraus. — 1869, Nr. 87731, Danel: Flachgewölbte Platte. Druckpumpe. — 1874, Nr. 103556, Samuel: Bretter längs durchtränken. 1875, Nr. 110066, Beaumartin und Lacouture: Dichtung durch Kupferring. 1877, Nr. 121221, Gouillon: Holz im Zylinder mit Kappe versehen und an dieser Kappe saugen. Wie Boucherie 1855, Nr. 12419. — 1885, Nr. 170368, Boucherie: Ähnlich wie voriges. 1885, Nr. 171902, Pfister, Durst und Vidrac: Wie Österreich. — 1907, Nr. 363072, Meyerson: Kappe mit Gummiring. — Ebenso Finnland 1906, Nr. 2808. Rußland Nr. 12615. — 1907, Nr. 371960, Honter und Lambert: Platte mit Gummidichtung.

V. Großbritannien. — 1839, Nr. 8199, Uzielli für Boucherie: Wie Frankreich Nr. 11061. — 1841, Nr. 8780, Uzielli für Boucherie: Wie Frankreich Nr. 11061. — 1855, Nr. 1369, Boucherie: Sägeschnitt im Stamm. Lösung in den Hohlraum eingedrückt. — Ebenso Rußland 1858, Nr. 609, Boucherie und David und Fürst Rostowsky. Frankreich 1854, Nr. 11335. 1899, Nr. 18498, Pfister: An beiden Seiten des Stammes Platten mit Gummiring aufpressen. — Ebenso Schweden Nr. 17561. — 1902, Nr. 17012, Ancus: Holzschablonen. — Ebenso U.S.A. Nr. 748033. — 1905, Nr. 2013, Lafitte: Platte mit scharfem, Rande. Ebenso Italien Nr. 75790. Frankreich Nr. 341384. — Canada Nr. 100546. — Belgien Nr. 182769. — 1905, Nr. 2856, Drogseth: Platte mit scharfem Rande auf Schlitten. — Ebenso Norwegen Nr. 13465. — Schweden Nr. 11873.

VI. Österreich. — 1859, 8. VII., Bersens: Anlage nach Boucherie. — 1877, Nr. 27/923 (X/702), Dolenc: Kappe aus Holzplatte mit Eisenklammern. — 1886, Nr. 36/984, Durst, Pfister und Vidric: Verschlußkappe mit hydraulischer Pumpe bis 30 Atm. 1891, Nr. 41/1157, Rossé und Erba-Odescalchi: Dichtungsring zwischen zwei Enden zweier Baumstämme. 1891, Nr. 41/1660, Durst, Josef Pfister, Pajonavic, Vidric: Imprägnierflüssigkeit mit Pumpen hineinpressen. — 1891, Nr. 41/3684, Edler von Beyerfels: Vakuum auf der einen Seite, Druck auf der anderen. 1892, Nr. 42/978, Ilanor: Ringe mit Dichtungsstreifen. — 1896, Nr. 46/981, Pollaeseck: Harzlösungen an einem Ende in Stamm hineinpressen, am anderen Ende absaugen. — 1901, Nr. 6504, Brenner: Platte mit elastischem Ring. Ebenso Dänemark Nr. 9207. — Italien Nr. 52964. — Schweden Nr. 14145. — Ungarn Nr. 17259. — 1903, Nr. 14956, Grünhut und Rumpler: Kappe mit nachgiebigem Stoff. — Ebenso Belgien Nr. 163740. — 1907, Nr. 31765, Loeb: Kappe um das Ende gehämmert oder aus Blei übergegossen. — Ebenso D.R.P. Nr. 175881. 1908, Nr. 33815, Horack: Kappe aus Beton.

VII. Schweden. — 1903, Nr. 17385, Pfister: Schablone zum Färben aus Pappe. — 1903, Nr. 17286, Pfister: Elastischer Kragen zur Abdichtung der Kappe gegen den Stamm. 1903, Nr. 17561, Pfister: Metallplatte mit Gummiring. — 1904, Nr. 18325, Pfister: Schablone zum Färben. — 1904, Nr. 18773, Pfister: Farblösung nach Dampfdruck oder Wasserdruck durchtreiben. — 1905, Nr. 19165, Schutt: Platte um eine Achse drehbar. — 1905, Nr. 20313, Lafitte: Platte durch Gewinde auf Stamm aufschrauben.

VIII. Schweiz. — 1891, Nr. 4271, Pajonavic: Platte mit scharfem Ringe. 1899, Nr. 18468, Fieglmüller: Flache Kappe mit einem oder zwei scharfen Ringen. — Norwegen Nr. 7385. — Italien Nr. 50415. — Frankreich Nr. 285047. England 1899, Nr. 1139. — 1901, Nr. 23564, Silbernagel: Kappe mit Gummimanschette. — 1906, Nr. 37149, Widmer: Anlage, jede Leitung mit Manometer und Ventil. — 1909, Nr. 49306, Heß: Lösung durch Luftdruck durchpressen.

IX. Ungarn. — 1892, XXVI/?, Illanor: Wie Österreich Nr. 42/978. — 1902, Nr. 26216, Fürth: Stirnplatte mit Gummiring. 1910, Nr. 47736, Gogl: Im Zylinder werden die Hölzer gegen eine durchbrochene Platte gepreßt.

X. Vereinigte Staaten. — 1865, Nr. 51528, Hamar: Mundstück eines Schlauches in den Stamm eintreiben. — 1867, Nr. 62295, Smith: Auf das hochgelegte Stammende wird ein Leinwandsack aufgesetzt, in welchen die Lauge gefüllt wird. — 1869, Nr. 91848, Hunt: Platte mit Rillen. 1871, Nr. 109027, Lear: Auf jeder Seite Platte, die durch Ketten verbunden werden. — 1871, Nr. 116969, Lear: Handdruckpumpe an Stelle des Turmes der alten Anlagen. — 1872, Nr. 112136, Towler: Von oben hydraulisch pressen auf Vierkantholz und gleichzeitig längs Lösung durchpressen. 1875, Nr. 171135, Huntington: Kappe aus elastischem Stoff. — 1875, Nr. 171136, Huntington: Kappe aus steifem Material. — 1876, Nr. 177770, Thilmany: Zum gleichzeitigen Imprägnieren zweier Stücke elastisches Band. 1880, Nr. 231783, Flad: Zum Trocknen: Luft wird abgesaugt. — 1880, Nr. 231784, Flad: Imprägnieren mit derselben Anlage. — 1882, Nr. 266516, Putnam: Holz wird gegen die Öffnung eines Zylinders gepreßt. Die Lösung wird im Zylinder seitlich in das Holz eingepreßt. 1888, Nr. 381682, Dudley: Unten und oben Kappen. Antrieb mittels Pumpe. — 1893, Nr. 509724, Eckert: Zylinder mit Stopfbüchse, durch die ein Ende der Stange austritt. — 1894, Nr. 533587, George: Kappe. Während der Imprägnierung geht elektrischer Strom durch das Holz. — 1902, Nr. 703522, Borner: In der Längsrichtung wird Salzlösung durchgepreßt, während gleichzeitig von der Seite Teeröl eingepreßt wird. — 1902, Nr. 716400, Ferrel: Imprägnierzylinder. Die Lösung wird axial eingetrieben und seitlich aus dem Holz heraus in den Zylinder getrieben. — Ebenso U.S.A. Nr. 695450, 716400, 716401. — D.R.P. Nr. 141174. — Österreich 1906, Nr. 26364. — 1902, Nr. 727928, Ferrel: Zylinder mit Schiebertür, die durch Pumpenkolben gehoben wird. Lauge in Längsrichtung einpressen. Austritt auf den Umfang des Stammes. — Ebenso Norwegen Nr. 12163. — England 1902, Nr. 830. 1903, Nr. 765312, Ferndale: Gewölbter Deckel. — 1903, Nr. 771689, Willner: Flache Platte mit Gummidichtung. — Ebenso Italien 16. VIII. 1899. — 1904, Nr. 797275, Gilmore: Zum Imprägnieren der Enden von Masten mit Teeröl, kurzer Zylinder mit Stopfbüchse. — 1905, Nr. 807411, Willner: Auf einem Schlitten werden gegen den Stamm zwei Platten gepreßt. — 1908, Nr. 896785, Willner: Doppelkappe. — Ebenso Canada Nr. 114338. — 1908, Nr. 953245, Gardner: Boucherie am lebenden Stamm. — Ebenso Österreich Nr. 48819. — 1909, Nr. 935888, Bade: An einem Ende des Stammes saugen, am anderen drücken. — 1909, Nr. 955422, Reed (für Cook): Am stehenden Pfosten mit Hilfe einer kleinen Pumpe einpressen. Von Hand. — 1909, Nr. 970409, Willner: Eintritt seitlich in das Holz, Austritt in der Längsrichtung. — Ebenso Canada Nr. 129909. — 1910, Nr. 976715, Willner: Geschlossener Zylinder. Längs durchpressen.

29. Bildung fester Niederschläge durch Umsetzung zweier Lösungen.

I. Belgien. — 1839, Nr. 1332, Chevremont: Wie Payne. — 1842, 17. IV., Chevremont: Wie Payne. — 1845, Nr. 2631, Chevremont: Bariumsulfit und Eisenvitriol. — 1845, Nr. 3369, Banner: Kupfersulfat und Bariumchlorid. — 1846, 25. III., Banner: Apparat hierzu. — 1846, Nr. 3385, Chevremont. — 1846, Nr. 3389, Destossé für Payne: Wie England 1841, Nr. 9025. — 1857, 2. VI., Lassus: Wie Frankreich 16425. — 1867, Nr. 20917, Ransome. — 1873, Nr. 32302, Hatzfeld. — 1874, Nr. 32740, Hatzfeld. — 1874, Nr. 35524, Rogé, Poret und Baffoy: Wie England 1874, Nr. 3392. — 1875, Nr. 36228: Wie vor. — 1875, Nr. 36272: Vorigen. Wie Frankreich 105811. — 1875, Nr. 36987: Vorigen. Wie Frankreich 105811. — 1875, Nr. 37504, Maucion: Wie Deutschland 37656.

— 1875, Nr. 37556, Hatzfeld: Wie Frankreich 98824. — 1875, Nr. 39965, Rogé, Poret, Baffoy: Wie Frankreich 105811. — 1902, Nr. 165785, Goergens: Färben durch sich umsetzende Salze.

II. Canada. — 1880, Nr. 11621, Thilmany: Sulfat von Eisen, Blei oder Zink und dann Bariumchlorid. — 1884, Nr. 18888, Loomis: Kalkwasser, Ammoniumhydroxyd (?) und Soda. — 1904, Nr. 89154, „The Granelli Chemical Co." für Lihme (U.S.A. 756173). — 1908, Nr. 115359, Howard: Wie U.S.A. 1908, Nr. 899400. — 1910, Nr. 125235, „Compagnia chimica Mexicana": Calciumhydroxyd, das durch Luft zu kohlensaurem Kalk wird. — Hierher gehören auch die Patente Friedemann-Heidenstamm: Verhinderung des Auswaschens.

III. Ceylon. — 1867, 10. XII., Ransome.

IV. Deutschland. — 1885, Nr. 33846, Berkel: Erst Wasserglas oder Kalklösung oder Alaun und dann Kieselflußsäure. — 1885, Nr. 37656, Maucion: Arseniate und schwefelsaures Eisen. — 1890, Nr. 53691, „A. G. der Vereinigten Arad-Czanader Bahn": Holzessigsaures Metall mit Tonerdehydrat und Metallchlorid, dann Harzkreosotseife. — 1894, Nr. 80426, Groebe: Phosphorsaurer Kalk in schwefliger Säure. — 1900, Nr. 130944, Kestner: Zwei Salzlösungen, die bei gewöhnlicher Temperatur gelöst werden und erst bei höherer einen festen Niederschlag geben. — 1905, Nr. 171319, Salomon: Hölzer mit kieselsäurehaltigen Stoffen verpackt in einem Behälter einschließen und dann erhitzen. Nachbehandlung mit Natronlauge. — 1906, Nr. 193057, Schubert und Wagler: Magnesium- oder Zinkchlorid und Alkalilauge oder schwefelsaures Salz und Bariumhydrat. — 1908, Nr. 226975, Nördlinger: Ammoniakalische Lösung der Salze des Mangan, Kupfer, Zink mit Flußsäure oder mit Chromsäure oder Arsensäure. Nach Verdunsten des Ammoniaks verbleiben die unlöslichen Salze.

V. Frankreich. — 1842, Nr. 10941, Truffant: Eisensulfat und Alkalikarbonat oder Alaun und Natriumkarbonat. — 1845, Nr. ? (vom 8. August), Banner: Vgl. Belgien. — 1845, Nr. 677, De Saint: Zinksalze und Seifenlösung. — 1845, Nr. 1193, Silvestri: Sublimat, Kieselsäure, Calciumkarbonat, Ammoniumchlorid und Bleichlorid und Zinkchlorid als erste Lösung und als zweite Lösung Kochsalz, Natriumphosphat und Kieselsäure? — 1846, Nr. 2320, Payne: Schwefelhaltiges Salz und Ausfällen des Schwefels. — 1850, Nr. 5085, François: Zinksalze und Alkalisulfid. — 1855, Nr. 14741, Büttner und Moring (altes sächsisches Patent): Lösung eines Salzes, welches mit dem Holzsaft einen Niederschlag gibt! — 1855, Nr. ?, Réal: Zinksalze mit Alkalisulfid. — 1856, Nr. 16425, Hault de Lassus: Lithiumbisulfid. — 1859, Nr. 22769, Adhémar: Bariumchlorid und Schwefelsäure. — 1864, Nr. 61442, Ransome: Wasserglas und Calciumchlorid. — 1873, Nr. 98824, Hatzfeld: Eisengallotannat. (Siehe U.S.A. 1873, Nr. 2411.) — 1874, Nr. 104445, Rogé (England). — 1875, Nr. 105811, Rogé: Plombate. — 1875, Nr. 110756, Wetherby: Calciumbisulfid oder Bariumbisulfid in schwefliger Säure. — 1877, Nr. 121274, Barbas und Jacques: Erst Seifenwasser, dann Kalkwasser. — 1882, Nr. 150526, Röper (England). — 1886, Nr. 178043, Maucion: Wie D.R.P. 37656. — 1890, Nr. 204950, „Arad-Czanader Eisenbahn": Wie D.R.P. — 1895, Nr. 240359, Groebe: Wie D.R.P. 80426. — 1905, Nr. 352960, Salomon: Wie D.R.P. 171319. — 1907, Nr. 380533, Carel: Kupfervitriol und Seifenlösung (siehe: 1845, Nr. 677) oder Bariumchlorid und Schwefelsäure. — 1911, Nr. 424682, Sutter: Niederschlag von Arsensalzen. — 1911, Nr. 424949, Beaumartin: $CuSO_4$ und Kalklösung.

VI. Großbritannien. — 1838, Nr. 7741, Treffry: Zinkchlorid oder Kupferchlorid einführen und als Oxyd niederschlagen. — 1841, Nr. 9025, Payne: Zwei Metallsalze, die sich gegenseitig zerlegen und die unlöslichen Niederschlag geben, wie Eisensulfat und Alkalikarbonat. — 1846, Nr. 11256, Payne: Schwefelbarium und Eisensulfat. — 1858, Nr. 2232, Ransome: Alkalisilikate und Chloride oder saure Salze. — 1859, Nr. 2754, Hutton: Ätzkalk, dann Strom von Kohlensäure oder Schwefelsäure oder lösliches Eisensalz und dann Wasserglas oder Wasserglas und Calciumchloridlösung. — 1861, Nr. 626, Coombe und Wright: Kieselflußsäure, dann Kalk. — 1861, Nr. 877, Ransome: Wie 1858, Nr. 2232, nur mit Anwendung von Druck. — 1861, Nr. 1773, Cobley von Meerholz: Pottasche oder Bariumhydroxyd oder Magnesiumsalz und Kieselflußsäure. — 1862, Nr. 220,

Church: Baryt und Kieselsäurelösungen. — 1866, Nr. 2230, Davis: Ätzkalk und Kieselsäure. — 1873, Nr. 2411, Hatzfeld (Frankreich): Gerbsäure und dann Eisensulfat. 1874, Nr. 3392, Rogé: Losliches Bleisalz, dann Flüssigkeit, die festes Bleisalz niederschlägt. 1875, Nr. 2833, Maucion: Wie D.R.P. 1875, Nr. 959, Wirth: Kalisilikat und Flußsäure. — 1876, Nr. 1560, Thilmany: Kupfervitriol und Bariumchlorid. — 1878, Nr. 487, Thilmany (U.S.A.): Zinksulfat, Eisensulfat und nachher Bariumchlorid. 1878, Nr. 110, Clark: Niederschlagen von Bleisalz durch Gase. — 1880, Nr. 3990, Barthel (U.S.A.): Sulfate und nachher Bariumchlorid. 1882, Nr. 2957, Croß: Asbestpulver mit Wasserglas. — 1882, Nr. 3761, Röper (Hamburg): Zinksulfat und Calciumchlorid. 1884, Nr. 8217, Boult: für Wittkowsky (Berlin) Seifenlösung, dann Kalkmilch. 1885, Nr. 13294, Lake: Kupfervitriol und Bariumchlorid. 1885, Nr. 5004, Berkel: Wie D.R.P. 33846. — 1886, Nr. 13618, Bürstenbinder (Schweden). 1893, Nr. 3356, Hely: Calciumdisulfid und Ätzkalk. — 1895, Nr. 14599, Groebe: Wie D.R.P. 80426. 1896, Nr. 19047, Nodon-Bretonneau: Konzentrierte Seife, dann Salz einer alkalischen Erde. — 1897, Nr. 28620, Higgins: Erst dämpfen, dann Alkalisilikat (Wasserglas) und Calciumchlorid. 1902, Nr. 4604, Ferrel: Zinksulfat und Calciumchlorid. — 1906, Nr. 4486, Salomon: Wie D.R.P. 171319.

VII. Italien. — 1875, 30. I., Maucion. — 1875, 3. III., Hatzfeld. — 1883, Rogé, Poret und Baffoy. — 1885, Escalonne: Zusatz zu vorigem. — 1886 Maucion.

VIII. Japan. — 1904, Nr. 7683, Ferrel: Wie England 1902, Nr. 4604.

IX. Luxemburg. — 1883, Nr. 210, Röper: Wie England.

X. Niederlande. — 1864, Ransome.

XI. Norwegen. 1897, Nr. 5485, Nodon-Bretonneau: Wie Patent England. — 1906, Nr. 14808, Salomon: Wie D.R.P.

XII. Österreich. — 1867, Nr. XII 9 (24 190), Ransome: Wie Patent England. — 1874, Nr. X 317, Hatzfeld: Wie Frankreich. — 1878, Nr. X 814, Jacques und Sauval: Wie Frankreich 121274. 1882, Nr. 32 1837, Röper: Wie England. — 1886, Nr. 36 481, Maucion: Wie D.R.P. 1890, Nr. 40 1805, Arad-Czanader Bahn: Wie D.R.P. — 1895, Nr. Priv. 45 565, Groebe: Wie D.R.P. 80426. — 1898, Nr. 48 5156, Baudrowsky und Wimmer: Harzalkaliseife, dann Metallsalz.

XIII. Rußland. 1846, Nr. 324, Generalleutn. Sablukow für Payne (England). — 1886, Nr. 3471, Röper: Wie England.

XIV. Schweden. — 1866, Nr. 755, Bürstenbinder: Essigsaures Eisen und Chlorcalcium. — 1906, Nr. 21344, Salomon: Wie D.R.P.

XV. Ungarn. — 1890, Nr. XXV/2299, Arad-Czanader Bahn: Wie D.R.P.

XVI. Vereinigte Staaten. 1866, Nr. 55216, Ransome: Wasserglas und Calciumchlorid. 1867, Nr. 60794, Samuels: Eisensulfat und Kalk mit Wasser. — 1869, Nr. 88392, Thilmany: Bariumchlorid und dann Kupfervitriol. — 1870, Nr. 107620, Nickerson: Eisensulfat, Arsenik + Kalkwasser. — 1870, Nr. 107904, Hagen: Gerbsäuredämpfe. 1871, Nr. 115784, Tait: Tränken mit Calciumdisulfit, welches in schwefliger Säure löslich ist unter Druck, aber bei Aufhören des Druckes fest ausscheidet. 1871, Nr. 115931, Brown: Eisensulfat und Zinkchlorid. — 1874, Nr. 150841, Dufore: Gerbsäure und Eisenazetat. — 1876, Nr. 181651, Dixon: Salzsäure oder schweflige Säure, dann Salizylsäure und Natriumdisulfit. — 1876, Nr. 202678, Thilmany: Zinksulfat und Bariumchlorid. — 1878, Nr. 191257, Rogé: Lösliches Bleisalz, das mit dem Holz zusammen unlöslichen Niederschlag gibt. 1880, Nr. 236065, Müller: Bariumchlorid und Natriumsulfat. — 1881, Nr. 246762, Hagen: Calciumchlorid und Zinksulfat. 1882, Nr. 266092, Röper: Wie England. — 1883, Nr. 273861, Loomis: Vgl. Canada. — 1887, Nr. 374208, Sewall: Borsäure und Calciumhydrat. — 1889, Nr. 414111, Goodwin: Kupfer im Holz aus Salz durch Glukose ausfällen. — 1904, Nr. 756173, Lihme: Zinkchlorid und Wasserglas. 1905, Nr. 801859, Everett: Azetate durch Kohlendioxyd und Ammoniak ausfällen. — 1908, Nr. 899400, Howard: Magnesiumsulfat und Bariumchlorid. — 1909, Nr. 921002, Roberts: Wasserglas. — 1912, Nr. 1015862, Watson: Eisenkarbonatlösung und Kohlensäure.

XVII. Victoria. — 1862, Nr. 474, Ransome.

30. Salzgemische.

I. Deutschland. — 1896, Nr. 96385, Hasselmann und Sonnemann: Eisenvitriol und schwefelsaure Tonerde und danach Chlorcalcium mit Zusatz von Kalkmilch. - U.S.A. 1896, Nr. 580488. - Großbritannien 1896, Nr. 25240. — Österreich 1896, Nr. 5821. — Frankreich 253850. — Belgien 128726. — Österr. Privileg 46 4071. - Italien 43579. - Rußland 1908, Nr. 1414. — 1898, Nr. 134178, Hasselmann: Eisenvitriol und Kupfervitriol (Adlervitriol) mit schwefelsaurer Tonerde. Bei 105° Kainit zusetzen und bis 140° kochen. Großbritannien 1898, Nr. 25018. U.S.A. 626538. — Österreich 1898, Nr. 6449. — Frankreich 261981. — Finnland Nr. 952. — Belgien 139111. — Österr. Priv. 49 67. — Dänemark 2681. — Norwegen 7453. — Canada 64423. — 1904, Nr. 168689, Wolman: Verfahren nach Patent 134178, jedoch bei niederer Temperatur von 100—115°. - Österreich 26365. — 1904, Nr. 163817, Wolman: Zusatz von Ammoniumazetat oder Ammoniumformiat zu Imprägnierungslösung. — 1907, Nr. 241863, Wolman: Lösungen von Schwermetallsalzen starker Säuren und schwächerer Säuren unter Zusatz von Fluornatrium, um die freien Säuren zu binden.

II. Großbritannien. 1906, Nr. 19241, Wolman: Alkaliverbindungen mit den Hydroxylderivaten der aromatischen Hydrokarbonate, wie Kresol. — 1907, Nr. 23990, Diamand: Zusatz von Suffitzelluloseabfall. Ebenso Canada 129694.

III. Italien. — 1906, Nr. 83864, Wolman.

IV. Österreich. - 1907, Nr. 31180, Wolman: Metallsalze gemischt mit Flußsäure. Großbritannien 1906, Nr. 17534. — 1913, Nr. 59011, Wolman.

V. Portugal. — 1908, Nr. 6452, Marmetschke und Brüning. — 1909, Nr. 6909, Hasselmann.

VI. Vereinigte Staaten. 1908, Nr. 898246, Marmetschke und Brüning: Zinkchlorid und Kupfervitriol mit Aluminiumsalz bei 60° als Lösung. - Ebenso Frankreich 376798. Portugal 64521. — Belgien 204074. — Canada 117479. — Großbritannien 1907, Nr. 9316. 1910, Nr. 931128, Diamand: Lösung von Schwermetallen starker Säuren, Neutralisieren durch Sulfitabfallauge. — Ebenso Großbritannien 1907, Nr. 23990. — Frankreich 1908, Nr. 396974. Deutschland 216798. — Österreich 44501. — U.S.A. 1908, Nr. 938128. — Rußland 1909, Nr. 16280. — Italien 100912 und 114699. 1909, Nr. 934871, Wolman-Diamand. - 1911, Nr. 971194, Hasselmann: 1,5% Eisenchlorid, 2% Ammoniumalaun und 1,5% Magnesiumchlorid. Ebenso Großbritannien 1909, Nr. 12587. Frankreich 1909, Nr. 403370. — Schweiz 1909, Nr. 48253. — Belgien 232757. — Ungarn 1910, Nr. 47765. — Norwegen 19538. — Schweden 28317. — Italien 104311. — Canada 123178. — Großbritannien 1911, Nr. 26268. — Schweiz 46329. — 1911, Nr. 1010122, Cew: Verwendung der Abfallauge von Sulfit. - 1911, Nr. 1010288, Cew: Ähnlich.

31. Ammoniakalische Salzlösungen.

I. Australien. — 1910, Nr. 16914, Gerlache.

II. Belgien. — 1900, Nr. 230171, Monseur: Ammoniumsalze mit Fettstoffen zusammen. — 1908, Nr. 207300, Gerlache: Ammoniak mit einem Antiseptikum zusammen. — 1908, Nr. 208273, Gerlache: Ammoniak mit zwei oder drei antiseptischen Stoffen zusammen. — 1908, Nr. 210825, Gerlache: Ammoniak mit Kupferkarbonat oder mit Zinksalz. — 1910, Nr. 230324, Monseur: Metallsalz in Ammoniak. — 1910, Nr. 215029, Gerlache: Alaunsalz mit Zink oder Quecksilber oder Kupfersalz und Ammoniak.

III. Canada. — 1910, Nr. 126750, Gerlache.

IV. Deutschland. — 1907, Nr. 241707, Cranem: Wie Gerlache.

V. Frankreich. 1907, Nr. 360703, Marino: Metallammoniaksalze, eventuell als Karbonate niedergeschlagen. — 1908, Nr. 396235, Gerlache. — 1909, Nr. 435732, Monseur: Lösungen, Gemisch von Metallammoniaksalzen.

VI. Großbritannien. — 1891, Nr. 10595, Mueller und Stader: Mit Karbolineum oder Asphalt überziehen und dann in ammoniakalische Kupferlösung tauchen. — 1909, Nr. 8176, Gerlache.

VII. Italien. — 1910, Nr. 103624, Gerlache. — 1912, Nr. 120894, Monseur.

VIII. Österreich. — 1910, Nr. 43668, Gerlache.
IX. Portugal. — 1912, Nr. 7993, Monseur. — 1912, Nr. 8193, Monseur.
X. Rußland. — 1911, Nr. 20851, Gerlache.
XI. Ungarn. — 1898, Nr. 13015, Simpson: Zinkoxydammoniak oder Zink-Kupferoxydammoniak.
XII. Vereinigte Staaten. — 1910, Nr. 959505, Gerlache: Freies Ammoniak mit Kupfer und Zinksalzen.

32. Fluorsalze.

I. Deutschland. — 1900, Nr. 238889, Frost: Ölen, Fluorsalze zusetzen. — 1904, Nr. 176057, Höttger: Kieselfluornatrium. — Ebenso Frankreich 352615. — Österreich 30318. — Norwegen 15233. — Schweden 20314. — Italien 81122. — Ungarn 38768. — Finnland 2582. — Belgien 188711. — Höttger: Fluoride: Belgien 178123. — 1907, Nr. 241863, Wolman: Schwermetallsalze starker Säuren mit solchen schwächerer Säuren und Zusatz von Fluornatrium. — 1909, Nr. 233236, Frost: Zum Biegen der Anfeuchtungslösung Kieselfluornatrium zusetzen. — Österreich 47730. — 1911, Nr. 254212, Bub: Calciumsalz von Sulfosäuren, dann Metallfluorid.
II. Frankreich. — 1887, Nr. 181573, Thompson: Alkalifluoride und Ammoniumfluorid und ebenso kieselflußsaure Salze und saure Fluoride. — 1892, Nr. 219104, Bradley: Kieselfluorstrontium. — 1907, Nr. 387535, Brase (Himmelsbach): Wässerige Lösung eines Fluorsalzes und dann Teeröl. — 1907, Nr. 391023, Malenkowicz und Landau: Zinkchlorid und Natriumfluorid. — 1907, Nr. 391908, Malenkowicz und Landau: Schwermetall-Fluorid mit oder ohne Kaliumfluorid und mit Ammoniak.
III. Großbritannien. — 1905, Nr. 26993, Höttger: Kieselfluorzink oder Kieselfluornatrium.
IV. Italien. — 1910, Nr. 101034, Malenkowicz: Wie Österreich 36081.
V. Österreich. — 1902, Nr. 10015, Gaily: Ätznatrium, β-Naphthol und Fluornatrium. — 1903, Nr. 12433, Kriegsverwaltung (Wien): Flußsäure oder Kieselflußsäure oder Gemenge beider mit oder ohne Zusatz von Fluoriden resp. Kieselfluoriden unter Ausschluß solcher Kombinationen, bei denen Salze ausgefällt werden. — 1908, Nr. 35607, Landau und Malenkowicz: Wie Frankreich 391908. — 1907, Nr. 35668, Dieselben: An Stelle der Salze des vorigen Patents Kieselfluoride und Alkalifluoride gemischt. — 1908, Nr. 36081, Malenkowicz: Salze in solchen Mengen, daß erst beim Eintrocknen die Umsetzung erfolgt. — 1908, Nr. 36082, Malenkowicz: Geringer Überschuß von Fluoralkali. — 1908, Nr. 43791, Rütgers (Wien): Schwermetallsalzlösung, dann Alkalifluoridlösung. — 1910, Nr. 43891, Möllers Söhne: Kieselfluornatrium und Soda oder Ätznatron. — Nr. 54589, Kreidl und Heller: Lösliche Salze der seltenen Erdmetalle und danach Fluoridlösung.
VI. Ungarn. — 1902, Nr. 25631, Kgl. Kriegsverwaltung: Wie Österreich. — 1908, Nr. 45953, Möllers Söhne und Malenkowicz: Wie Frankreich 391908. — 1909, Nr. 47118, Möllers Söhne und Malenkowicz: Wie Österreich 36082.

33. Metallorganische Verbindungen.

I. Australien. — 1909, Nr. 14051, Friedemann und Heidenstamm.
II. Belgien. — 1909, Nr. 213661, Friedemann und Heidenstamm: Kresolcalcium. — 1914, Nr. 269838, Grubenholz-Imprägnierung: Dinitrophenolesther. — 1914, Nr. 269856, Grubenholz-Imprägnierung: Nitrophenole und das Eisen vor Angriff schützende Salze. — 1911, Nr. 247573, Grubenholz-Imprägnierung: Wie D.R.P. 247694.
III. Canada. — 1909, Nr. 115933, Friedemann und Heidenstamm: Kresolcalcium.
IV. Dänemark. — 1909, Nr. 12419, Friedemann und Heidenstamm: Kresolcalcium. — 1914, Nr. 20390, Collstrop: Nitrophenole und das Eisen vor Angriff schützende Salze. — 1914, Nr. 20391, Collstrop; Zusatzpatent. — 1912, 16983, wie D.R.P. 247694.

V. Deutschland. – 1891, Nr. 59320, Raspe: Auflösung eines harzsauren Metallsalzes in einem flüssigen Kohlenwasserstoff. — 1892, Nr. 72991, Bayer: Dinitro-Orthokresolkalium. — 1900, Nr. 118101, Wiese: β-Naphthalinsulfosaures Zink. — Ebenso Schweden 13219. — Frankreich 304014. — 1902, Nr. 150100, Frank: Zusatz zu vorigem: β-Naphthalinsulfosaures Magnesium. — Ebenso Österreich 21605. — Rußland 1902, Nr. 7441. — 1908, Nr. 219893, Möllers Söhne: Phenole mit zwei Nitrogruppen unter Zusatz flüchtiger organischer Basen. — 1908, Nr. 219942, Möllers Söhne: Nitrierte Phenole mit zwei Nitrogruppen, Hydroxylgruppe durch organische Basen abgesättigt, oder aromatische Kohlenwasserstoffe mit zwei Nitrogruppen. — 1910, Nr. 240988, Bayer: Wasserlöslich: komplexe Organometallsalze und Nachbehandeln mit Kohlensäure. — 1911, Nr. 247694, Grubenholzimprägnierung: Ammonmagnesiumsalze gemischt mit α-naphthalinsulfosaurem Schwermetallsalz. – 1911, Nr. 248065, Grubenholzimprägnierung: Ammonmagnesiumsalze gemischt mit nitronaphthalinmonosulfosaurem Schwermetallsalz. – 1911, Nr. 254212, Bub: Calciumnaphthalinsulfonat. — 1913, Nr. 281694, Grubenholzimprägnierung: Dinitrophenolesther.

VI. Finnland. — 1908, Nr. 3309, Friedemann und Heidenstamm. — 1909, Nr. 3569, Friedemann und Heidenstamm. — 1912, Nr. 5172, Grubenholzimprägnierung: Wie D.R.P. 247694.

VII. Frankreich. — 1909, Nr. 399712, Friedemann und Heidenstamm: Kresolcalcium. — 1909, Nr. 412253, Möllers Söhne: Wie Deutschland 219942. — 1909, Nr. 431852, Bayer: Niederschlag von Oxyphenylsalzen. — 1912, Nr. 446018, Grubenholz-Imprägnierung: Wie D.R.P. 247694.

VIII. Großbritannien. — 1882, Nr. 621, Boulton: Teersäuren abscheiden, mit Wasser oder billigen Ölen mischen. — 1892, Nr. 3301, Bayer: Dinitro-Orthokresolkalium in Mischung mit Seife: Antinonnin. — 1904, Nr. 22990, Rütgers: Zink- oder Magnesium-β-Naphthalinsulfonat. — 1909, Nr. 2534, Müller (Malmö): Wie U.S.A. 937802. — 1911, Nr. 16433, Bayer: Wie Deutschland 240988. — 1912, Nr. 17058/12, Grubenholz-Imprägnierung: Wie D.R.P. 247694.

IX. Italien. — 1909, Nr. 100635, Friedemann: Kresolcalcium. — 1910, Nr. 108892, Möllers Söhne. — 1912, Nr. 121714, Bayer & Co. — 1912, Nr. 126820, Grubenholz-Imprägnierung: Wie D.R.P. 247694.

X. Norwegen. 1909, Nr. 19361, Friedemann und Heidenstamm: Kresolcalcium. — 1912, Nr. 23299, Grubenholz-Imprägnierung: Wie D.R.P. 247694.

XI. Österreich. — 1898, Nr. 48 5664, Richter: Trinitrophenol mit Kaliumoxyhydrat. — 1902, Nr. 10015, Gaily: Ätznatron, β-Naphthol und Fluornatrium mit Wasser. – 1909, Nr. 40535, Friedemann und Heidenstamm: Kresolcalcium. — 1909, Nr. 41552, Möllers Söhne: Wie Deutschland 219942. — 1912, Nr. 63455, Grubenholz-Imprägnierung: Wie D.R.P. 247694.

XII. Rußland. – 1899, Nr. 2355, Charitschkoff: Ligroinlösung von Petrolsäuren, Tonerde und Alkali. — 1911, Nr. 19469, Kresolcalcium A. G. — 1912, Nr. 24994, Grubenholz-Imprägnierung: Wie D.R.P. 247694.

XIII. Schweden. — 1909, Nr. 26074, Friedemann und Heidenstamm: Kresolcalcium. – 1909, Nr. 27485, Hülsberg und Friedemann: Kombination des Rüpingschen Sparverfahrens mit Kresolcalciumlösung.

XIV. Ungarn. — 1908, Nr. 41820, Friedemann und Heidenstamm: Kresolcalcium. — 1909, Nr. 45306, Friedemann und Heidenstamm. – 1909, Nr. 47049, Möllers Söhne und Krauschner: Wie Deutschland 219942. — 1912, Nr. 60720, Grubenholz-Imprägnierung: Wie D.R.P. 247694.

XV. Vereinigte Staaten. – 1876, Nr. 184141, Cabot: Kupfervitriollösung abwechselnd mit Calciumkreosat oder Calciumphenat. — 1908, Nr. 871392, Ellis: Kupferkarbolat gelöst in irgend einem Öle. – 1909, Nr. 934871, Wolman-Diamand: Metallsalze mit alkalischem Auszug aus Teer. — 1910, Nr. 937802, Friedemann und Heidenstamm: Phenol mit alkalischer Erde. Nachbehandeln mit Kohlensäure. — 1911, Nr. 1006076, Friedemann und Heidenstamm: Kresolcalcium. – 1911, Nr. 1006077, Friedemann und Heidenstamm: Kresolcalcium. — 1912, Nr. 1034652, Seidenschnur: Phenolate einpressen, dann nachpressen mit kohlensäurehaltiger Luft. — 1912, Nr. 1041681, Seidenschnur und Dr. Dehust: Wie D.R.P. 247694. — 1912, Nr. 1041682, Seidenschnur und Dr. Dehust: Wie D.R.P. 248065.

34. Zylinder mit Bekleidungen der Wände.

I. Belgien. — 1859, Nr. 17747, Dorsett. — 1866, Nr. 17781, Boulton. — 1884, Nr. 67089, Flodquist: Zylinder innen mit Blei bekleidet.

II. Frankreich. — 1859, Nr. 23355, Dorsett und Blythe: Zylinder mit Bleibekleidung. Bleigeschützte Eisenarmaturen. — 1865, Nr. 66504, Boulton.

III. Großbritannien. — 1858, Nr. 2832, Bethell: Eisenzylinder mit Bleibekleidung, oder Guttapercha, Kautschuk usw. — 1859, Nr. 203, Dorsett und Blythe: Zylinder mit Bleibekleidung. 1865, Nr. 734, Boulton: Holz- oder Zinkkasten in den eisernen Zylinder fahren. — Ebenso Belgien, Nr. 17781. — Frankreich Nr. 66504. — 1884, Nr. 15188, Lake: Zylinder mit Blei auskleiden.

IV. Österreich. — 1872, Nr. X/211, G. Rütgers: Eisernen Zylinder innen mit Teer streichen. 1898, Nr. 48/3728, Diamand: Eisernen Zylinder mit Bleiblech füttern.

V. Schweiz. — 1896, Nr. 13146, Publishing Advertising and Trading Syndicate (London): Zylinder aus Stoffen, die mit Zelluloid getränkt sind.

35. Einbohren von Löchern in das Holz zum Anfüllen mit holzschützenden Stoffen.

I. Canada. — 1903, Nr. 80865, Kleinschmidt (durch Atlantic & Pacific Pillar Preserving Co.): Wie U.S.A. Patent. 1903, Nr. 83577, Kroll: Wie U.S.A. 727975.

II. Deutschland. — 1889, Nr. 50295, Liebau: Kern wird ausgebohrt und Antiseptikum eingefüllt. Kohlensaures Kali oder Natron. — 1890, Nr. 52898, Liebau: Loch wird bis oben durchgeführt und mit Kappe verschlossen. Ebenso Italien 1889, Nr. 1817. — 1890, Nr. 53854, Scholz: Loch in Schwellen bohren und dahinein gewöhnliche Schmierbüchse mit Antiseptikum und Docht setzen.

III. Großbritannien. — 1870, Nr. 2159, Tripler (U.S.A.): Einbohren von Löchern und Füllen der Löcher mit Arsenchlorid und Kochsalz. — 1901, Nr. 15316, Allison für Lawrence (U.S.A.): Loch füllen mit Kochsalz, Arsenik, Sublimat oder Salpeter und Grünspan. — 1903, Nr. 19784, Kroll: Wie U.S.A. 727975.

IV. Österreich. — 1827, Privileg des Hecker: Löcher in Holz bohren und in diese Rauch leiten und dann füllen mit Gips, Steinkohle, Eisenvitriol. Schwache Hölzer dagegen soll man einfach mit Holzessig und brenzlichem Öl anstreichen. — 1889, Priv. 40/1181, Liebau: Wie Deutschland 50295. — 1890, Priv. 41/976 und 1868, 15. I. „Scholz: Wie Deutschland 53954.

V. Vereinigte Staaten. — 1737, Nr. 130, Flockton (London): In Pfähle von oben Löcher bohren und mit antiseptischer Lösung füllen. — 1838, Nr. 877, Ringold: Loch durch Kern bohren und Holz dann in Kalkwasser kochen und dann das Loch mit Kalk ausfüllen. — 1872, Nr. 134133, Fames: Löcher bohren und füllen mit Gemisch von Karbolsäure und Naphtha. — 1881, Nr. 251346, Bruson: Loch füllen mit Schwefel, Kalk, Kochsalz und Kohlepulver. 1888, Nr. 380820, Ricks: Andauernd frisches Wasser in die in den Pfahl gebohrten Löcher leiten. — 1890, Nr. 430068, Chanute: In verbautes Holz Loch bohren zu der Stelle der Zusammenfügung und diese auf diese Weise antiseptisch behandeln. — 1891, Nr. 245845, Luckins: Loch füllen mit Pottasche oder Salpeter oder auch Kochsalz. — 1902, Nr. 697632, Kleinschmidt: Füllen des Loches mit Kupfervitriol, Eisensulfat, Zyankali, Schwefelsäure, Blausäure und gereinigtem Erdöl. — 1903, Nr. 727975, Kroll: Durchbohren von Löchern und Anfüllen mit Salzen.

36. Benutzung des elektrischen Stromes zur Imprägnierung.

I. Belgien. — 1865, Nr. 17586, Bazin und Himery: Wie Patent Frankreich. — 1898, Nr. 138861, Nodon-Bretonneau: Wie D.R.P. 96772. — 1901, Nr. 158103, Nodon-Bretonneau: Wie D.R.P. 109534. — 1906, Nr. 191128, Nodon: Verbesserung des vorigen Patents. — Wie Frankreich Nr. 355211. — 1909, Nr. 213234, Chloride Electrical Storage Co.: Lösung von Ätzkalk in Alkohol und elektrischer Strom.

II. Canada. — 1895, Nr. 48620, Simpson: Einpressen einer Lösung von Zink-, Eisen- und Kupfersulfat und Durchsenden elektrischen Stromes durchs Holz.

III. Dänemark. — 1898, Nr. 1622: Wie D.R.P. 96772. — 1899, Nr. 2699, Nodon-Bretonneau: Wie D.R.P. 109534.

IV. Deutschland. — 1891, Nr. 59830, Onken: Zylinder mit Elektroden. — 1897, Nr. 96772, Nodon-Bretonneau: Bleiplatte als Elektrode. — 1900, Nr. 109534, Nodon-Bretonneau: Obere Bleiplatte als Bassin. — 1902, Nr. 141174, Ähnlich. — 1904, Nr. 173751, West: Bassin mit Lauge. Die obere Elektrode ist biegsam. — 1912, Nr. 251258, Nodon: Tränkung mit Salzlösung unter Einwirkung des elektrischen Stromes.

V. Frankreich. — 1865, Nr. 66118, Bazin: Elektrischen Strom durch das Bad leiten. — 1902, Nr. 317530, Gnuiedé: Wie vor. — 1904, Nr. 348572, West (England): Wie D.R.P. 173751. — 1905, Nr. 355211, Nodon: Holzschwellen auf dem Stapel imprägnieren. Strom geht durch das Laugegefäß und nimmt Lösung mit.

VI. Großbritannien. — 1865, Nr. 590, Newton für Hemery (Paris): Holz in Bad von 70 Grad während 12 Stunden bei elektrischem Strom liegen lassen. 1890, Nr. 11065, Oncken: Elektrischen Strom durch die Imprägnierlösung schicken, — 1897, Nr. 13242, Nodon-Bretonneau: Wie D.R.P. 109534. — 1899, Nr. 1234, Nodon-Bretonneau: Wie D.R.P. 96772. — 1900, Nr. 12157, Youlton: Bad mit Lösung bei elektrischem Strom. — 1903, Nr. 26899, Electric Timber Seasoning and Preserving Co.: Wie vor. — 1910, Nr. 25175, Alcock & Co. (Melbourne): Unten eine Elektrode, oben Kapsel mit Antiseptikum, die eine Elektrode trägt.

VII. Italien. — 1865, vom 21. III., Bazin. — 1896, 18. XII., Nodon-Bretonneau: Wie D.R.P. 96772. — Ebenso 1897, Nr. 43351. — 1898, Nr. 48610. — 1898, Nr. 49890. — 1899, Nr. 52143. — 1900, Nr. 56470. — 1898, Nr. 45042, Belfort: Elektro-aseptogene Imprägnierung. — Ebenso 1899, Nr. 48609. — 1900, Nr. 52145. — 1901, Nr. 56209.

VIII. Österreich. — 1901, Nr. 5124, Nodon-Bretonneau: Wie D.R.P. 109534. Bad von Natriumborat und harzsaurem Natron. — 1905 (1897), Nr. 19346, Nodon-Bretonneau: Wie D.R.P. 96772.

IX. Portugal. — 1906, Nr. 5384, Nodon: Vgl. franz. Patent Nr. 355211.

X. Rußland. — 1900, Nr. 2179, Nodon-Bretonneau: Wie D.R.P. 109534. — 1906, Nr. 11179, Lhatzky und Kirsnowsky: Salzlösung und elektrischer Strom.

XI. Schweden. — 1898, Nr. 9242: Wie D.R.P. 96772.

XII. Spanien. — 1900, Nr. 26296, Rodriguez: Sanilisieren durch elektrokapillare Imprägnierung und Trocknung.

XIII. Vereinigte Staaten. — 1894, Nr. 533587, George: Salz durch Wechselstrom fixieren. — 1907, Nr. 855588, Prudden: Auf den Kopf des Pfahles ein Pol, unten im Wasser eine Nadel eintreiben als anderen Pol. — 1910, Nr. 948355, Tatro und Delius: Der negative Pol mit der Holzwand, der positive Pol mit dem Wasser verbunden.

37. Besondere Verfahren beim Färben (soweit in den Listen unter Konservierung angegeben und) soweit besondere Verfahren in technischer Beziehung dabei angewendet werden.

I. Belgien. — 1859, Nr. 2890, Gardissal: Farblösung im Zylinder einpressen.

II. Deutschland. — 1880, Nr. 13892, Thimm: Fällen der Farbe durch chemische Umsetzung. Wismutnitrat, Kadmiumsulfat. — Österreich Nr. 31 1193 (1882). — 1893, Nr. 76025, Haddan: Mit Farblösungen anstreichen und dann hohem Druck aussetzen. — 1896, Nr. 93988, Junghans: Teerfarbstoffe in Benzol usw. lösen. — 1899, Nr. 82866, Voy: Antiseptikum mit Farben. — 1900, Nr. 126613, Goldsobel: Imitieren von Zedernholz. — Österreich Nr. 5584 (1901). — 1904, Nr. 164892, Kornmann: Wie England. Senilisieren. — Österreich Nr. 27355 (1906). — 1904, Nr. 166388, Hammesfahr: Den Farben eine Mischung von gelöschtem Kalk, Rüböl oder Fett nachpressen. — 1906, Nr. 195746, Rigler: Den Farben nachpressen Fett, Paraffin usw. in Benzin gelöst. — Österreich

Nr. 33650 (1907). — Ungarn 1912, Nr. 56226. — 1908, Nr. 206997, Deutsche Werkstätten für Handwerkskunst: Holz in Erde usw. eingegraben, welche mit Eisen- oder Alkalisalz getränkt ist. — England 1907, Nr. 18558. — Canada Nr. 136225. — Österreich Nr. 36342. — Dänemark Nr. 15021. — Italien Nr. 114798, 114387. — Schweiz Nr. 55787. — U.S.A. Nr. 1012283. — Belgien Nr. 232165. — 1909, Nr. 224775, Crocker: Erst mit heißer Schwefelsäure behandeln, dann Wachs einpressen. — Canada 1910, Nr. 124581. — U.S.A. Nr. 997275. — Schweden Nr. 29480. — Schweiz Nr. 45814.

III. Frankreich. — 1878, Nr. 125759, Weißenburger: Erst Eisen- oder Kupfervitriollösung mit etwas überschüssiger Schwefelsäure, dann holzessigsaures Eisen oder Blauholzextrakt. — 1887, Nr. 183493, Munier: Heiße Lösungen einpressen.

IV. Großbritannien. — 1905, Nr. 16316, Kornmann (Freiburg): Wässerige Lösung von Wasserstoffsuperoxyd mit anorganischer Säure, wie Salzsäure. — 1908, Nr. 6538, Brinker (Kopenhagen): Ebenholzfärbung: Blauholzextrakt, dann Eisenazetat, dann Seifenlösung.

V. Italien. — 1897, 9. V., Junghans: Verfahren. — 1906, Nr. 83247, Schmidt Anlage. — 1906, Nr. 83789, Luigi Fontana: Verfahren.

VI. Japan. — 1904, Nr. 7798a (Zusatz), Yoshida: Petroleumdestillat mit Harz und Naphthalin und Farbstoff.

VII. Mauritius. — 1866, Nr. 78, Gaibert: Färben und Imprägnieren.

VIII. Österreich. — 1880, Nr. 30/2277, I. D. Frauchs: Kalkmilch und Urin. — 1881, Nr. 31/1193, Thimm: Unlösliche farbige Verbindungen mittelst Gasenniederschlägen. — 1898, Nr. 43/670, und Nr. 43/2113 Jäger (Eßlingen): Im Zylinder mit einem porösen Stoff verpacken, der die Farbe enthält, und dann mit Dampf behandeln. — Ungarn Nr. 9905 (1897). — U.S.A. Nr. 578516. — Belgien Nr. 127256 (1897). — England 1893, Nr. 1220. — 1901, Nr. 5588, Brenner: Anilinfarben mit Zinkchlorid. — 1909, Nr. 47159, Faller: Farben gelöst in nicht brennbaren Kohlenwasserstoffen. Ganzes Holz durchtränken. — Norwegen 1909, Nr. 20379. — Belgien 1909, Nr. 217965. — Schweiz 1908, Nr. 41634. — 1910, Nr. 44500, Hall: Farben, die die Maserung nicht verdecken. — 1910, Nr. 46624, Reschenhofer: Erst Pyrogallussäure, dann Kupferchlorid.

IX. Rußland. — 1856, Rosenthal: Pneumatisch Färben.

X. Schweden. — 1905, Nr. 19220, Matschank: Farben gelöst in Keton. — Österreich Nr. 24773 (1905).

XI. Ungarn. — 1910, Nr. 48130, Jahn und Grünhut: Zwei Gase, die festen bunten Niederschlag geben. — Frankreich Nr. 402527. — Italien Nr. 102299. — Belgien Nr. 215884. — 1911, Nr. 52982, Pfister: Eisenvitriol und Essigsäure.

XII. Vereinigte Staaten. — 1907, Nr. 933435, Mahagony Co.: Farblösung einpressen und durch Dampf verteilen. — 1907, Nr. 933436, 933437, 939014 bis 939016: Dasselbe.

38. Imprägnieren von Holz für Akkumulatoren.

I. Australien. — 1906, Nr. 7461, Marino: Wie Frankreich.

II. Belgien. — 1906, Nr. 195185, Marino: Wie Frankreich.

III. Dänemark. — 1907, Nr. 9803, Whright und Marino: Wie Frankreich. — 1910, Nr. 14060, Marino: Dämpfen, kochen, Wasserstoffsuperoxyd oder Ozon.

IV. England. — 1904, Nr. 13933, Boult (für Dodge, U.S.A.): Erst verdünnte Schwefelsäure, dann mit Alkalien waschen. — 1905, Nr. 20143, Whitehead und Marino: Erst Schweizers Reagenz, dann Ammoniak, dann Salpetersäure und Schwefelsäure, dann Pottasche in Alkohol. — 1906, Nr. 17539, Hanny: Ätzkalk oder Ätznatron, danach verdünnte Schwefelsäure. — 1909, Nr. 2641, Marino: Erst dämpfen, dann sauerstoffhaltiges Wasser oder Ozon, zum Schluß Dampf von 120 Grad.

V. Frankreich. — 1906, Nr. 370457, Marino: Lösungen von Kupferoxydammoniak, Ammoniak, Salpetersäure, Alkohol, Schwefelsäure und zum Schluß etwas Kalilauge. — 1908, Nr. 398362, Heep: Ätzkali in Alkohol oder Kohlenwasserstoffen.

VI. Italien. — 1906, Nr. 84982, Marino: Wie Frankreich. — Ebenso 99632, 92004. — 1910, Nr. 107573, Marino: Wie Dänemark.

VII. Norwegen. — 1911, Nr. 21371, Marino: Wie Dänemark 14060.

VIII. Schweden. — 1908, Nr. 24136, Marino: Wie Frankreich.

39. Imprägnierung für besondere Zwecke (Wasserundurchlässigkeit usw.).

I. Bayern. — 1866, 15. II., Orioli, Frédet und Neyret: Holz für Papiererzeugung vor Braunwerden schützen.

II. Großbritannien. — 1856, Nr. 2043, Metcalf: Teeröl durch Alkalilösung geruchlos. — 1857, Nr. 1384, Brown: Elfenbeinfarbig: Alkali, dann Calciumchloridlösung. Nachpolieren mit weißem Wachs und Kalk. — 1860, Nr. 943, Lillie: Bituminöse oder ölige Flüssigkeiten. — 1862, Nr. 55, Stenhouse: Wachs, Paraffin, Stearin usw. — 1862, Nr. 1651, Newton: Aluminiumsulfat und Gelatine, dann Gerbsäure, danach durch Walzen gehen lassen. — 1865, Nr. 387, Atherton und Benton: Bituminöse, harzige und ölige Stoffe. — 1866, Nr. 2084, Baxter: Geschmolzenes Paraffin. — 1868, Nr. 371, Johnson: Kautschuk oder Guttapercha und danach Schwefelchlorür. — 1869, Nr. 3342, Hayford und Paul: Paraffin, Palmöl, Ammonkarbonat und Wasserglas. — 1875, Nr. 1531, Woodford: Talg und Wachs für hölzerne Wellen. — 1877, Nr. 2211, Brooks: Konzentrierte Boraxlösung oder Soda oder Pottasche mit Kalk, dann heißen Kautschuk oder Guttapercha. Walzen und nachbehandeln mit Schwefelchlorid. — 1877, Nr. 2288, Holdon, Turton und Barber: Paraffin. — 1877, Nr. 3805, Holdon: Paraffinöl. — 1877, Nr. 4378, Gardner: Flachswalzen: Lösung von Bleiazetat und dann Natriumsulfat. — 1879, Nr. 5328, Brydges: Mit heißem Kopallack imprägnieren für feine Instrumente. — 1880, Nr. 2701, Groth: Paraffin. — 1884, Nr. 13277, Johnson: Kreosot, dann Paraffin und danach Asphalt. — 1885, Nr. 2534, Sharp: Wachs, dann trocknendes Öl und dann durch Walzen gehen lassen. — 1886, Nr. 10828, Lake: Paraffin, Wachs und Vaseline gemischt. — 1895, Nr. 7968, Willmot: Heißes Öl oder Teer. — 1899, Nr. 13423, Williams, Bayshave Pendlebury: Alkalilösung, dann heißes Wasser und endlich Wachs oder Öl oder Wasserglas. — 1902, Nr. 4318, Mitchell: Paraffin mit konservierenden Salzen oder Ölen. — 1906, Nr. 2156, Zelensky: Imprägnieren mit Viskose und überziehen mit Harz oder Talg oder Talg und Schwefel oder Pech. — 1906, Nr. 11946, Hayward und Harries: Kricketkeulen im heißen Öl tränken. — 1907, Nr. 62, Wagner: Holzrohre unter Druck mit Bienenwachs oder Kreosot tränken. — 1908, Nr. 10288, Wagner: Holz für Räderachsen usw. mit Bienenwachs tränken. — 1909, Nr. 23632, Wittkowsky: Eiweißlösung aufstreichen und das Holz dann unter Druck erhitzen.

III. Italien. — 1871, Vanel: Wasserdichtmachen von Holz.

IV. Österreich. — 1880, Nr. 30/1706, Perez de la Sala: Biegsam machen. Soda oder Pottasche. — 1884, Nr. 34/107, Pach und Storch: Undurchlässig: Alkohol, Oleinsäure und Alaun. — 1891, Nr. 41/2254, Greenfield, Trumann und Nagel: Wasserdicht: Petroleumpech.

V. Sachsen. — 1866, 18. I., Orioli, Frédet und Neyret: Wie Bayern.

Patente, über die nichts ermittelt wurde.

I. Bayern. — 1860, 18. V., Beck.

II. Belgien. — 1830, Nr. 194 (?). — 1831, Nr. 208 (?). — 1831, Nr. 212 (?). — 1832, Nr. 268 (?). — 1838, Nr. 1290, Dixon. — 1838, Nr. 1293, Sherwood. — 1839, 19. November, Weißenburg. — 1840, 30. Juni, Weißenburg. — 1846, Nr. 3378, Weißenburg. — 1846, Nr. 3428, Weißenburg: Wie 3378. — 1847, Nr. 3426, Lacambre: Metallsalze. — 1848, Nr. 4536, Haubrechts. — 1850, Nr. 4617, Weißenburg: Wie 3378. — 1851, Nr. 6697, Weweira. — 1851, 5. Mai, Feron. — 1852, Nr. 6799, Haldon. — 1853, Nr. 7116, Haldon. — 1856, Nr. 9316, Westwood und Baillie. — 1856, 18. November, Scheers. — 1876, Nr. 39005, Lostal. — 1876, Nr. 39750, Ravacé. — 1884, Nr. 63896, Mallet

und Moissac. — 1887, Nr. 78387, Singer. — 1890, Nr. 92952, Greenfield und Nagel. — 1908, Nr. 213795, Henning.

III. Finnland. — 1902, Nr. 1835, Eichborn. — 1903, Nr. 1994, Skutnabb: Methode Robur. — 1906, Nr. 2602, Brandt. — 1907, Nr. 3502, Heinomen: Färben. — 1910, Nr. 3996, Kulkepp.

IV. Frankreich. — 1852, Nr. 6447, Videgrain. — 1874, Nr. 104445, Lostal. — 1875, Ravacé. — 1885, Nr. 170609, Singel. — 1888, Nr. 191646, Tack. — 1900, Nr. 304907, Marillier und Robillet. — 1900, Nr. 306678, Honnay.

V. Hannover. — 1860, 13. IV., Beck.

VI. Italien. — 1860, 31. V., Gavazzi. — 1861, 31. XII., Fornera. — 1865, 30. I., Vitali. — 1875, 13. I., Paloschi. — 1892, Dejonge. — 1901, Nr. 54288, Gualco. — 1902, Nr. 63803, Mauthner: Verhütung des Reißens von Schwellen. — 1902, Nr. 95508, Mauthner: Wie vor. — 1907, Nr. 86133, Gibelli. — Ebenso 81595. — 1907, Nr. 94304, Rotschild und Müller: Wie 63803.

VII. Luxemburg. — 1912, Nr. 9495, Oravetz.

VIII. Österreich. — 1883, Nr. 33/337, Huber.

IX. Portugal. — 1908, Nr. 6278, Silva.

X. Sachsen. — 1860, Nr. 226, Beck.

XI. Viktoria. — 1857, 31. VIII., Richards: Metallisierverfahren.

Druck der Königl. Universitätsdruckerei H. Stürtz A. G., Würzburg.